

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт ИК
Направление подготовки Машиностроение
Кафедра ТАМП

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Разработка технологического процесса изготовления выходного колеса

УДК _____

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Л21	Абызов Никита Олегович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
зав. кафедрой	Арляпов А.Ю.	кандидат наук		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Конотопский В.Ю.	кандидат наук		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент	Мезенцева И. Л.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
	Арляпов А.Ю.			

Томск – 2016 г.

	<p>- расчет режимов резания (выбор оборудования, выбор режущего инструмента, определение режимов резания для каждой операции);</p> <p>- нормирование тех процесса;</p> <p>Конструкторская часть:</p> <p>- выбор конструкции приспособления;</p> <p>- описание принципа работы приспособления;</p> <p>- силовой расчет приспособления;</p> <p>- расчет погрешностей;</p> <p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение (расчет себестоимости изготовления выходного колеса);</p> <p>Социальная ответственность (определение опасных и вредных факторов при проектировании и производстве детали выходного колеса)</p>
Перечень графического материала	<p>Карта технологического процесса А1, 4 листа;</p> <p>Приложение 1: Сборочный чертеж приспособления А2,</p> <p>Приложение 2: Спецификация сборочного чертежа приспособления А4, 2 листа.</p>

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

Раздел	Консультант
Технологическая и конструкторская часть	Арляпов Алексей Юрьевич
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Конотопский Владимир Юрьевич
Социальная ответственность	Мезенцева Ирина Леонидовна

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
-------------------------------------------------------------------------------------------------	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
зав кафедрой	Арляпов Алексей Юрьевич	кандидат наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Л21	Абызов Никита Олегович		

Аннотация

Целью выпускной квалификационной работы является разработка технологического процесса изготовления выходного колеса. Данная работа представляет собой представления о полученных в ходе обучения умениях и навыках.

В работе был разработан технологический процесс производства выходного колеса: выполнен размерный анализ технологических размеров, включающий пять операций; рассчитаны минимальные припуски и технологические размеры, рассчитаны режимы резания для каждого перехода и нормы времени на обработку по каждой операции, выбрано оборудование и оснастка. Спроектировано специальное приспособление для фрезерной операции, дающее возможность уменьшить трудоемкость изготовления детали. Рассмотрены вопросы финансового менеджмента, ресурсоэффективность, ресурсосбережения и социальной ответственности.

Содержание

1. Технологическая часть.....	стр.5
1. Техническое задание.....	стр.5
2. Назначение детали.....	стр.6
3. Анализ технологичности детали.....	стр.6
4. Определение типа производства.....	стр.7
5. Выбор исходной заготовки.....	стр.11
6. Разработка технологического процесса изготовления детали.....	стр.12
7. Разработка размерной схемы проектируемого технологического процесса	
7.1 Размерный анализ проектируемого технологического процесса изготовления детали.....	стр.18
7.2 Определение допусков на технологические размеры.....	стр.20
7.3 Проверка обеспечения непосредственно не обеспечивающихся размеров.....	стр.17
7.4 Расчет минимальных припусков на обработку.....	стр.19
7.5 Расчет диаметральных размеров.....	стр.22
7.6 Расчет линейных размеров.....	стр.25
8. Расчет режимов резания.....	стр.27
8.1. Выбор оборудования	стр.27
8.2. Определение режимов резания для заготовительной операции.....	стр.28
8.3. Определение режимов резания для первой операции.....	стр.28
8.4. Определение режимов резания для второй операции.....	стр.34
8.5. Определение режимов резания для третьей операции.....	стр.40
8.6. Определение режимов резания для четвертой операции.....	стр.47
8.7. Определение режимов резания для пятой операции.....	стр.50
9. Расчет норм времени	стр.53
9.1. На первой операции.....	стр.53

9.2. На второй операции.....	стр.57
9.3. На третьей операции.....	стр.61
9.4. На четвертой операции.....	стр.64
9.5. На пятой операции.....	стр.65
9.6.Расчет штучно-калькуляционного времени	стр.66
2. Конструкторская часть.....	стр.66
2.1 Выбор базовой конструкции приспособления.....	стр.66
2.2 Описание принципа работы.....	стр.66
2.3 Силовой расчет приспособления.....	стр.67
2.4 Расчет погрешности.....	стр.
3.Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	стр.69
4. Социальная ответственность.....	стр.83
Список литературы.....	стр.93

Рис. 1 Рабочий чертеж

2. Назначение детали

Данная деталь является частью конвейерной линии по производству ампулированных препаратов. Колесо находится в зоне проверки ампул на герметичность. Ампулы движутся по шнеку и через них пропускается ток. Тем самым определяют положение пробитых (не герметичных) ампул на конвейере. Когда такая ампула проходит выходное колесо, срабатывает вакуумный компрессор и фиксирует ее в одном из пазов колеса. Поворотом которого ампула перемещается и скидывается в бункер для брака. Представленная линия располагается на производстве НПО «Микроген» - НПО «Вирион» г. Томск, производящего до 90 млн ампул микробиологических препаратов в год.



Рис. 2 Готовое выходное колесо

3. Анализ технологичности детали

В соответствии с исходными данными колесо будет выполнено из полиацеталя. Полиацеталь – это пластмасса, относящаяся к первой группе обрабатываемости. Первая группа предполагает малые силы резания,

возможность использования быстрорежущего и твердосплавного инструмента, получение низкой шероховатости поверхности.

Деталь имеет форму диска, что указывает на возможность применения универсальной оснастки.

Получаемые поверхности имеют низкую шероховатость Ra 6.3, а требование точности размеров по 14 качеству, что ориентирует на использование станков нормальной точности.

Точение торца Ø116 мм и отверстия Ø32мм будет выполнено за один установ, на это указывает допуск радиального биения торца и высокое требование к шероховатости этих поверхностей Ra 1.25.

В теле детали имеются 12 каналов, предназначенных для откачки воздуха. Эти каналы получены, путем соединения отверстий просверленных в торце и на боковой поверхности. Для получения каналов на боковой поверхности необходима разработка специального приспособления.

Исходя из проведенного анализа, следует сделать вывод о том, что сочетание конструкции детали «выходное колесо» и выбранный материал изделия позволяют утверждать, что деталь технологична.

4.Определение типа производства

Предварительный маршрут изготовления выходного колеса:

1) Токарная с ЧПУ:

- подрезать торец;
- точить до Ø125 мм на длину 20 мм;
- точить до Ø70 мм на длину 15 мм;
- сверлить отверстие Ø30 мм;

2) Токарная с ЧПУ:

- подрезать торец;
- точить наружную поверхность до Ø180 мм;
- точить канавку;
- растачивать отверстия Ø23 мм и Ø116 мм;

3) Фрезерная с ЧПУ:

- сверлить 12 отверстий;

- расфрезеровать 12 отверстий;
- сверлить 12 отверстий разной глубины;
- рассверлить полученные отверстия под резьбу;
- нарезать 12 резьб М5;

4) Фрезерная с ЧПУ:

- сверлить 12 отверстий Ø5 мм;
- сверлить отверстие Ø18 мм;

5) Фрезерная с ЧПУ:

- фрезеровать 12 пазов на наружной поверхности;

Тип производства определяем по коэффициенту закрепления операций, который находим по формуле, представленной в источнике [1]:

$$K_{з.о} = \frac{t_{\text{в}}}{T_{\text{ср}}},$$

где $t_{\text{в}}$ – такт выпуска детали, мин.;

$T_{\text{ср}}$ – среднее штучно – калькуляционное время на выполнение операций технологического процесса, мин.

Такт выпуска детали определяем по формуле, [1]:

$$t_{\text{в}} = \frac{60F_{\text{г}}}{N_{\text{г}}},$$

где $F_{\text{г}}$ – годовой фонд времени работы оборудования, мин.;

$N_{\text{г}}$ – годовая программа выпуска деталей.

Годовой фонд времени работы оборудования определяем при двухсменном режиме работы: $F_{\text{г}} = 4000$ ч.

Тогда

$$t_{\text{в}} = \frac{F_{\text{г}}}{N_{\text{г}}} = \frac{4000 \cdot 60}{1800} = 133 \text{ мин.}$$

Среднее штучно – калькуляционное время на выполнение операций технологического процесса, [1]:

$$T_{\text{ср}} = \frac{\sum_{i=1}^n T_{\text{ш.к.}i}}{n},$$

где $T_{ш.к.i}$ – штучно – калькуляционное время i - ой основной операции, мин.

n – количество основных операций.

В качестве основных операций выберем 5-и операций ($n=5$): две токарные и три фрезерных операции.

Штучно – калькуляционное время i - ой основной операции определяем по рекомендациям приложения 1 [1]:

$$T_{ш.к.i} = \varphi_{к.i} \cdot T_{0.i} ,$$

где $\varphi_{к.i}$ – коэффициент i - ой основной операции, зависящий от вида станка и типа предполагаемого производства;

$T_{0.i}$ – основное технологическое время i - ой операции, мин.

Для первых двух операций, токарных с ЧПУ: $\varphi_{к.1} = \varphi_{к.2} = 2,14$;

Для фрезерных с ЧПУ: $\varphi_{к.3} = \varphi_{к.4} \varphi_{к.5} = 1,84$.

Основное технологическое время определяем по рекомендациям приложения 1 [1], где время зависит от длины и диаметра обрабатываемой поверхности, а также от вида обработки.

Основное технологическое время первой токарной операции определяем по предварительному маршруту (подрезка торца, точение 2х поверхностей и сверление отверстия):

$$T_{0.1} = (0,037(D^2 - d^2) + 0,17dl + 0,17dl + 0,52dl) \cdot 10^{-3},$$

где D – наибольший диаметр обрабатываемого торца, мм;

d – наименьший диаметр обрабатываемого торца, мм;

l – длина обрабатываемой поверхности, мм.

Значения вышеперечисленных переменных определяем приближенно
Тогда

$$T_{0.1} = (0,037(180^2 - 0^2) + 0,17 \cdot 125 \cdot 20 + 0,17 \cdot 70 \cdot 15 + 0,52 \cdot 32 \cdot 50) \cdot 10^{-3} = 2,63 \text{ мин.}$$

Штучно – калькуляционное время данной операции

$$T_{ш.к.1} = \varphi_{к.1} \cdot T_{0.1} = 2,14 \cdot 2,63 = 5,64 \text{ мин.}$$

Определяем основное технологическое время второй токарной операции (подрезать торец, точить поверхность, расточить отверстие и точить канавку):

$$T_{0.2} = (0,037(D^2 - d^2) + 0,17dl + 0,18dl + 0,17dl) \cdot 10^{-3}$$

Тогда

$$T_{0.2} = (0,037(180^2 - 32^2) + 0,17 \cdot 180 \cdot 30 + 0,18 \cdot 32 \cdot 50 + 0,17 \cdot 21,8 \cdot 125) \cdot 10^{-3} = 2,83 \text{ мин.}$$

Штучно – калькуляционное время второй операции

$$T_{ш.к.2} = \varphi_{к.2} \cdot T_{0.2} = 2,14 \cdot 2,83 = 6,06 \text{ мин.}$$

Основное технологическое время третьей фрезерной операции (сверлить отверстие, сверлить отверстие, нарезать резьбу):

$$T_{0.3} = (12 \cdot 0,52dl + 3 \cdot 0,52dl + 3 \cdot 0,52dl + 3 \cdot 0,52dl + 3 \cdot 0,52dl + 12 \cdot 0,1 \cdot dl) \cdot 10^{-3}$$

Тогда

$$T_{0.3} = (12 \cdot 0,52 \cdot 19 \cdot 14 + 3 \cdot 0,52 \cdot 5 \cdot 75 + 3 \cdot 0,52 \cdot 5 \cdot 64 + 3 \cdot 0,52 \cdot 5 \cdot 22 + 3 \cdot 0,52 \cdot 5 \cdot 14 + 12 \cdot 0,1 \cdot 5 \cdot 5) \cdot 10^{-3} = 3,05 \text{ мин}$$

Штучно – калькуляционное время третьей операции

$$T_{ш.к.3} = \varphi_{к.3} \cdot T_{0.3} = 2,10 \cdot 1,44 = 3,02 \text{ мин.}$$

Основное технологическое время четвертой фрезерной операции (сверлить двенадцать отверстий, сверлить отверстие):

$$T_{0.3} = (12 \cdot 0,52dl + 0,52dl) \cdot 10^{-3} = (12 \cdot 0,52 \cdot 5 \cdot 16 + 0,52 \cdot 18 \cdot 16) \cdot 10^{-3} = 0,65 \text{ мин.}$$

Штучно – калькуляционное время четвертой операции

$$T_{ш.к.3} = \varphi_{к.3} \cdot T_{0.3} = 2,10 \cdot 0,65 = 1,4 \text{ мин.}$$

Основное технологическое время пятой фрезерной операции (фрезеровать пазы):

$$T_{0.3} = 12 \cdot 0,006l = 12 \cdot 0,006 \cdot 19 = 1,37 \text{ мин}$$

Штучно – калькуляционное время пятой операции

$$T_{\text{ш.к.3}} = \varphi_{\text{к.3}} \cdot T_{0.3} = 2,10 \cdot 1,37 = 2,87 \text{ мин.}$$

Среднее штучно – калькуляционное время на выполнение операций технологического процесса [1]:

$$T_{\text{ср}} = \frac{\sum_{i=1}^n T_{\text{ш.к.}i}}{n} = \frac{T_{\text{ш.к.1}} + T_{\text{ш.к.2}} + T_{\text{ш.к.3}} + T_{\text{ш.к.4}} + T_{\text{ш.к.5}}}{3} \\ = \frac{5,64 + 6,06 + 3,02 + 1,4 + 2,87}{3} = 6,33 \text{ мин.}$$

Тип производства определяем по формуле [1]:

$$K_{3.0} = \frac{t_{\text{в}}}{T_{\text{ср}}} = \frac{133}{6,33} = 21,$$

Из условия $K_{3.0} > 20$, то тип производства мелкосерийный.

5. Выбор исходной заготовки

Исходя из технологических свойств материала детали (материал детали РОМ С, рис.1), ее габаритных размеров (рис.1), а также типа производства выбираем в качестве исходной заготовки – стержень, рис.3 В таблице 5.1. представлены химический состав и механические свойства материала.

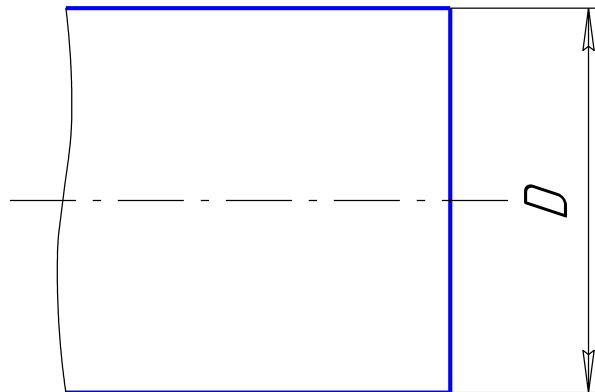


Рис.3 Исходная заготовка

Таблица 5.1. Химический состав и мех свойства РОМ С[5]

Состав	ацетильный сополимер
Плотность, г/см ³	1,16
Предел прочности при растяжении, МПа	90-95
Твердость НВ	5-10

Ударная вязкость, кДж/м ²	100-160
Модуль упругости при растяжении, МПа	1400-2000
Удельная теплоемкость, Дж/кг К	2,3
Коэффициент теплопроводности, Вт/м К	0,25
Теплостойкость по Мартенсу, °С	50

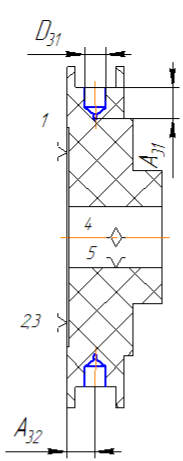
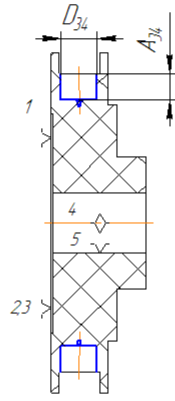
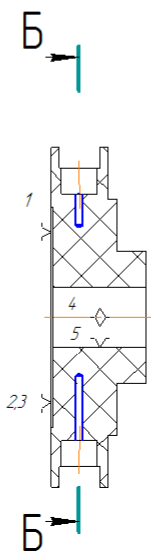
6. Разработка технологического процесса изготовления детали

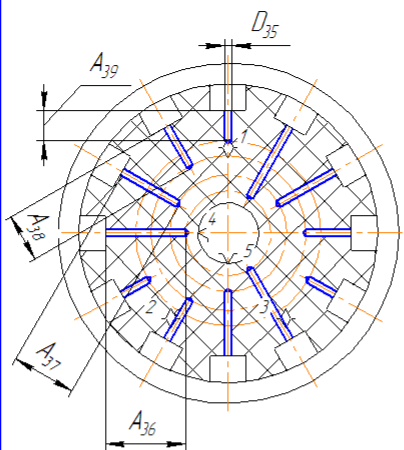
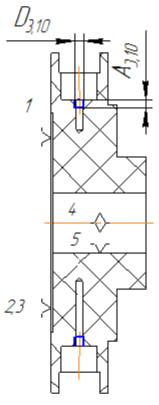
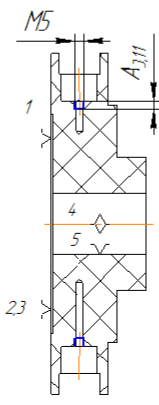
«Выходное колесо»

Маршрут технологии изготовления колеса представлен в виде табл.1, где также обозначены технологические базы.

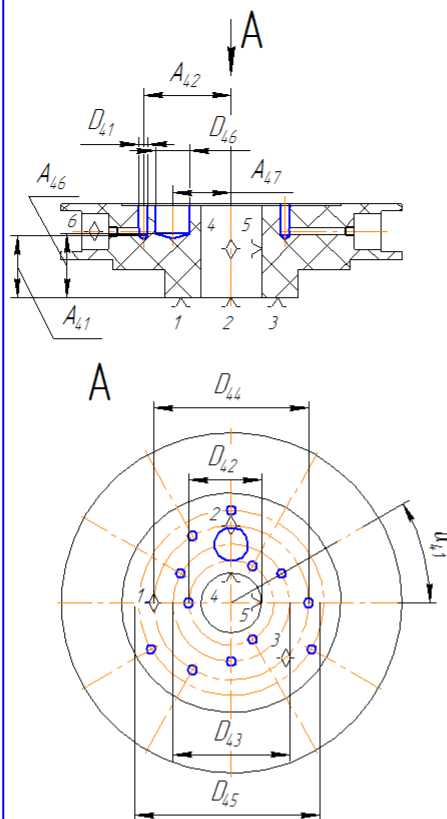
Таблица 1.

Операция	Эскиз	Переходы
0. Заготовительная		1. Отрезать заготовку, выдерживая размер A_{01}
1. Токарная с ЧПУ		1. Подрезать торец, выдерживая размер A_{11} 2. Точить поверхность, выдерживая размеры A_{12} и D_{12} 3. Точить поверхность, выдерживая размеры A_{13} и D_{13} 4. Центровать отверстие 5. Сверлить отверстие, выдерживая размер D_{15}
2. Токарная с ЧПУ		1. Подрезать торец, выдерживая размер A_{21} 2. Точить наружную поверхность, выдерживая размер D_{22} 3. Расточить отверстие, выдерживая размеры A_{23} и D_{23} 4. Точить канавку, выдерживая размеры A_{24} , A_{25} и D_{25} 5. Расточить отверстие, выдерживая размеры D_{26}

<p>3. Фрезерная с ЧПУ</p>		<p>1. Сверлить 12 отверстий с шагом 30°, выдерживая размеры A_{31}, A_{32} и D_{31}</p>
		<p>2. Расфрезеровать 12 отверстий выдерживая размеры A_{34} и D_{34}</p>
		<p>3. Сверлить 12 отверстий диаметром D_{35}, на глубину A_{36}, A_{37}, A_{38} и A_{39} с шагом в 30°</p>

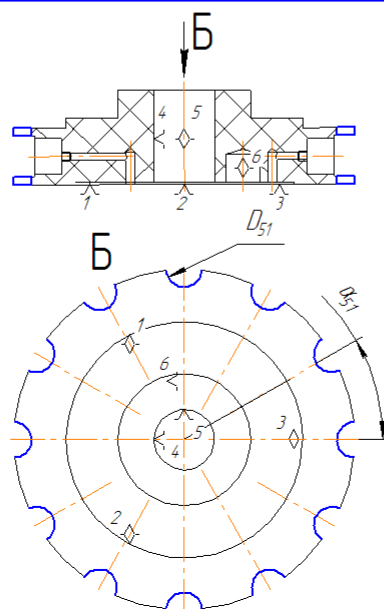
<p>Б-Б</p> 	
 <p>$\sqrt{Ra\ 6,3}$</p>	<p>4. Рассверлить отверстия, выдерживая размеры A_{310} и D_{310}</p>
 <p>$\sqrt{Ra\ 6,3}$</p>	<p>5. Нарезать резьбу, M5 выдерживая размер A_{311}</p>

4. Фрезерная с ЧПУ



1. Сверлить 12 отверстий с шагом 30° , выдерживая размеры D_{41} , A_{41} , A_{32} , A_{33} , A_{34} и A_{35}
2. Сверлить отверстие, выдерживая размеры A_{46} , A_{47} и D_{46}

5. Фрезерная с ЧПУ



1. Фрезеровать 12 пазов с шагом 30° , диаметром D_{51}

7.1 Размерный анализ проектируемого технологического процесса изготовления детали

Размерные схемы диаметральных и осевых размеров, полученные по данным таблицы 1, изображены на рис.4 и рис.5 соответственно:

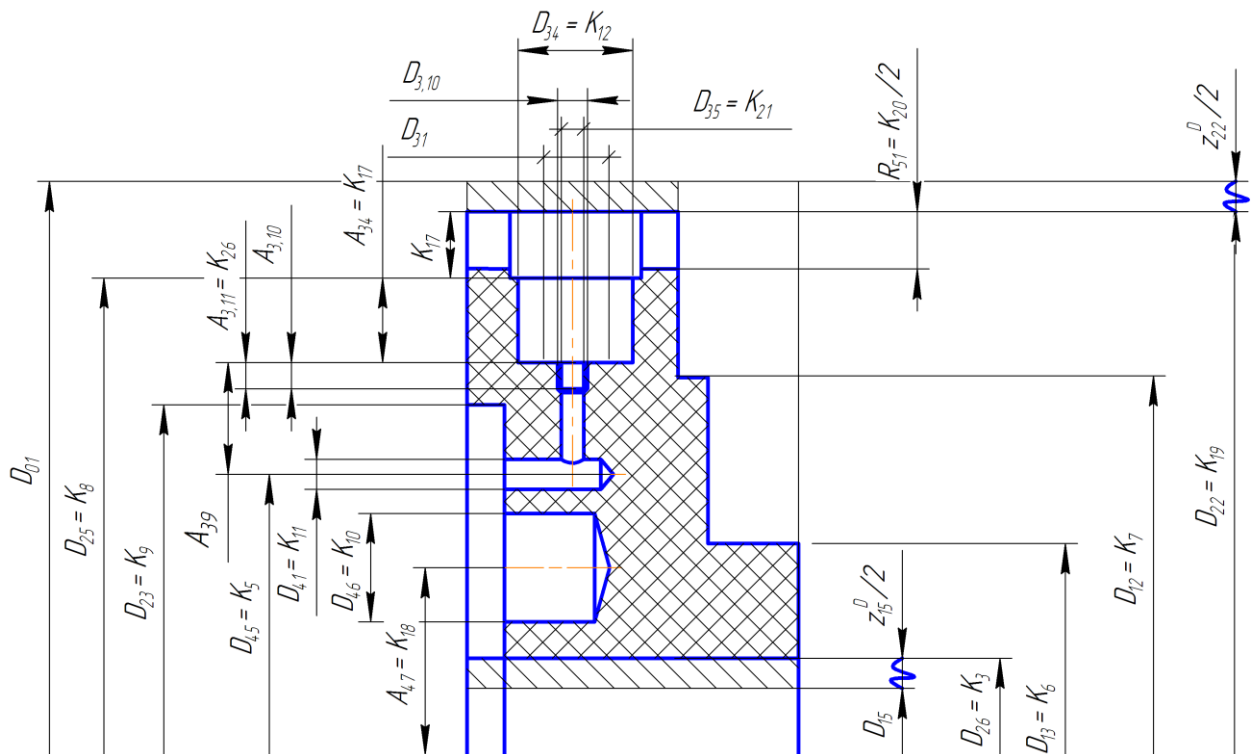


Рис.4 Диаметральная размерная схема

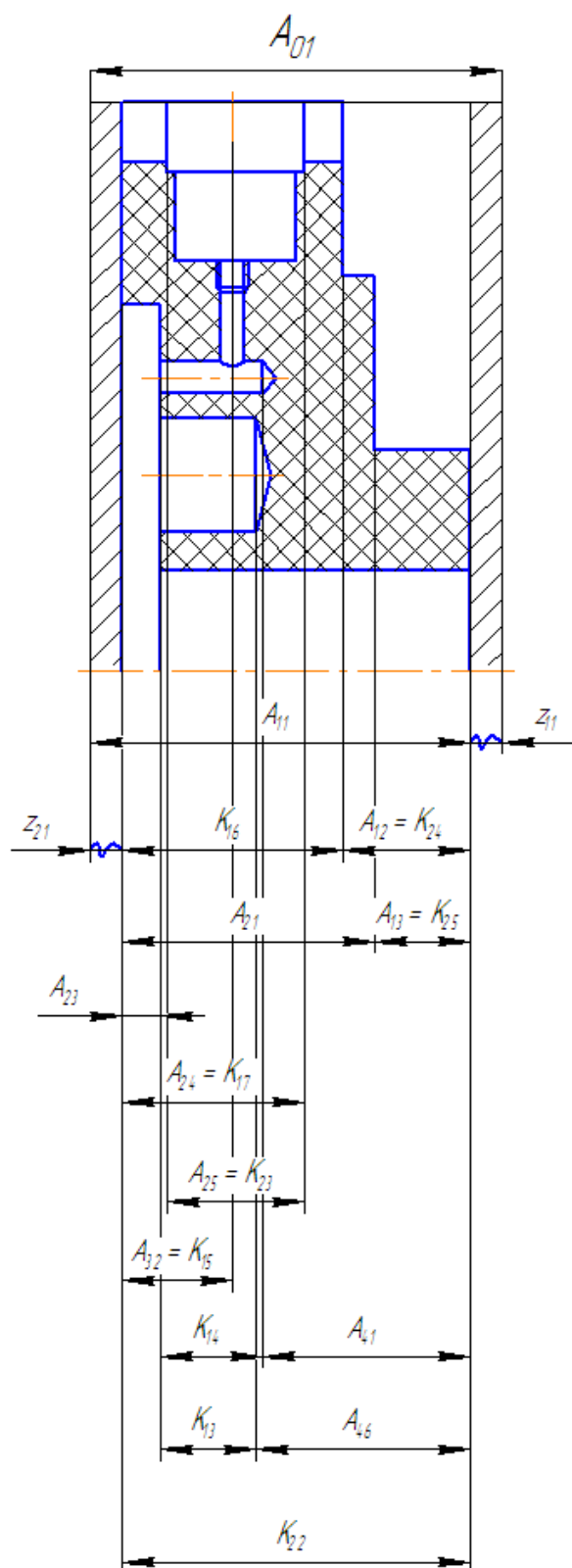


Рис.5 Размерная схема осевых размеров

Уравнения и размерные цепи конструкторских непосредственно не обеспечивающихся размеров (из рис.4, рис.5):

$$K_{13} = A_{21} + A_{13} - A_{23} - A_{46}$$

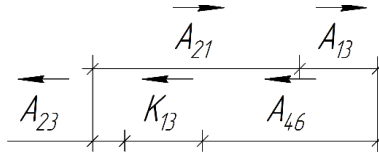


Рис.6 Размерная цепь для K_{13}

$$K_{16} = A_{21} + A_{13} - A_{12}$$

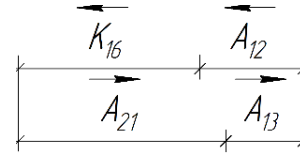


Рис.8 Размерная цепь для K_{16}

$$K_{14} = A_{21} + A_{13} - A_{23} - A_{41}$$

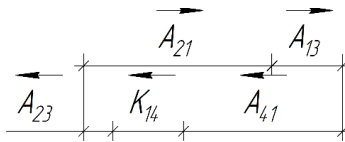


Рис.7 Размерная цепь для K_{14}

$$K_{22} = A_{21} + A_{13}$$

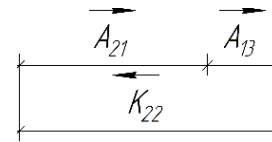


Рис.9 Размерная цепь для K_{22}

7.2. Определение допусков на технологические размеры

Формула расчета допуска на технологический размер [2]:

$$TA_i = w_{ci} + p_{i-1} + \varepsilon_i,$$

где w_c - среднестатистическая точность механической обработки, принятая из приложения 1 [2],

p_{i-1} - точность геометрической формы или расположения поверхностей, полученной на предыдущей операции, принятая из приложения 2 [2],

ε_i - погрешность установки, на данной операции [2]:

$$\varepsilon_i = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2},$$

ε_6 - погрешность базирования заготовок,

ε_3 - погрешность закрепления заготовок ,

Определение допуска технологического размера на заготовительной операции:

$$TA_{01} = w_{c1} = 3,0 \text{ мм},$$

w_{c1} - среднестатистическая погрешность данного метода, мм

Определение допусков технологических размеров на первой токарной операции с ЧПУ (см таблица 1).

Найдем значения допусков осевых размеров

$$TA_{11} = w_{c1} + \frac{TA_{01}}{2} = 0,05 + 1,5 = 1,55 \text{ мм},$$

где $p_{i-1} = \frac{TA_{01}}{2}$ –отклонение формы, состоящее из половины допуска на размер A_{01} .

Составляющим допусков осевых размеров, полученных на 2,3 и 4 переходах первой операции, является среднестатистическая погрешность механической обработки, т.к. размеры выдерживаются между обработанными поверхностями

$$TA_{12} = TA_{13} = TA_{14} = w_{c1} = 0,05 \text{ мм},$$

Значения допусков диаметральных размеров

Допуск на диаметральный размер D_{12} , примем равным допуску конструкторского K_7 по 14 качеству:

$$TD_{12} = TK_7 = 1 \text{ мм},$$

$$TD_{13} = TD_{15} = w_{c1} = 0,05 \text{ мм},$$

Определение допусков технологических размеров на второй токарной операции с ЧПУ (см таблица 1).

Найдем значения допусков осевых размеров

$$TA_{21} = w_{c1} + p_{rp} = 0,05 + 0,06 = 0,11 \text{ мм},$$

$p_{rp} = p_{rp_{i-1}} \cdot 0,04 = 1,5 \cdot 0,4 = 0,06 \text{ мм}$ –отклонение формы, вызванное копированием погрешности при подрезке торца на первой токарной операции.

Размеры полученные на 3,4 и 5 переходе будут равны среднестатистической погрешности получаемой на токарной операции:

$$TA_{23} = TA_{24} = TA_{25} = w_{c1} = 0,05 \text{ мм},$$

Значения припусков диаметральных размеров, так же будут равны среднестатистической погрешности:

$$TD_{22} = TD_{23} = TD_{25} = TD_{26} = w_{c1} = 0,05 \text{ мм}$$

Определение допусков технологических размеров на третьей фрезерной операции с ЧПУ (см таблица 1).

Значения допусков линейных размеров:

$$TA_{32} = w_{c2} + p_{pp} \cdot 0,04 = 0,05 + 0,06 = 0,11 \text{ мм},$$

$p_{pp} = \frac{p_{pi-1} \cdot D_{12}}{180} \cdot 0,04 = \frac{1,5 \cdot 125}{180} \cdot 0,04 = 0,06$ мм-отклонение, вызванное копированием погрешности после точения наружной поверхности на диаметр TD_{12} ,

$$TA_{34} = w_{c2} + \varepsilon_i + \frac{TD_{26}}{2} = 0,05 + 0,04 + 0,02 = 0,11 \text{ мм},$$

$$\varepsilon_i = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2} = \sqrt{0 + 0,04^2} = 0,04 \text{ мм},$$

где $p_{i-1} = \frac{TD_{25}}{2}$ - отклонение формы возникшее при переустановке заготовки,

ε_3 - погрешность возникающая при установке на оправку с зазором,

$$TA_{36} = TA_{37} = TA_{38} = TA_{39} = w_{c2} + TA_{34} = 0,05 + 0,11 = 0,16 \text{ мм},$$

$$TA_{3,10} = TA_{3,11} = w_{c2} + TA_{34} = 0,05 + 0,11 = 0,16 \text{ мм},$$

Значение допусков диаметральных размеров:

$$TD_{31} = TD_{34} = TD_{3,10} = w_{c1} = 0,05 \text{ мм},$$

Определение допусков технологических размеров на четверной фрезерной операции с ЧПУ (см таблица 1).

Значения допусков линейных размеров:

$$TA_{41} = TA_{46} = w_{c1} + \frac{1,5 \cdot 70 \cdot 0,04}{180} = 0,05 + 0,2 = 0,07 \text{ мм}$$

$$TA_{42} = TA_{43} = TA_{44} = TA_{45} = TA_{47} = w_{c1} + \varepsilon_i = 0,05 + 0,13 = 0,18 \text{ мм}$$

Значение допусков диаметральных размеров:

$$TD_{41} = TD_{46} = w_{c1} = 0,05 \text{ мм}$$

Определение допусков технологических размеров на пятой фрезерной операции с ЧПУ (см таблица 1).

Значение допусков диаметральных размеров:

$$TD_{51} = TK_{20} = 0,52 \text{ мм}$$

$$TR_{51} = TK_{20}/2 = 0,26 \text{ мм}$$

7.3. Проверка обеспечения непосредственно не обеспечиваемых размеров

Условие обеспечения точности конструкторского размера при расчете методом максимума-минимума по формуле [2]:

$$TK \geq \sum_{i=1}^{n+p} TA_i ,$$

Допуск замыкающего звена больше или равен сумме допусков составляющих звеньев.

Для размера $TK_{13} = 0,43$ мм, из рис.6:

$$TA_{21} + TA_{13} + TA_{23} + TA_{46} = 0,11 + 0,05 + 0,05 + 0,07 = 0,28 \text{ мм},$$
$$0,43 \geq 0,28 - \text{обеспечивается},$$

Для размера $TK_{14} = 0,43$ мм, из рис.7:

$$TA_{21} + TA_{13} + TA_{23} + TA_{41} = 0,11 + 0,05 + 0,05 + 0,07 = 0,28 \text{ мм},$$
$$0,43 \geq 0,28 - \text{обеспечивается},$$

Для размера $TK_{16} = 0,52$ мм, из рис.8:

$$TA_{21} + TA_{13} + TA_{12} = 0,11 + 0,05 + 0,05 = 0,21 \text{ мм}$$
$$0,43 \geq 0,21 - \text{обеспечивается}$$

Для размера $TK_{22} = 0,62$ мм, из рис.9:

$$TA_{21} + TA_{13} = 0,11 + 0,05 = 0,16 \text{ мм}$$
$$0,43 \geq 0,16 - \text{обеспечивается}$$

Спроектированный технологический процесс (таблица 1) обеспечивает точность всех конструкторских размеров.

7.4. Определение минимальных припусков на обработку

Расчет минимальных припусков ведется по формулам [2]:

- припуск на диаметр:

$$z_{i \min} = 2 \cdot \left(Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{p_{i-1}^2 + \varepsilon_{yi}^2} \right),$$

- припуск на обработку плоскостей:

$$z_{i \min} = Rz_{i-1} + h_{i-1} + p_{i-1},$$

где Rz_{i-1} - шероховатость поверхности, полученная на предыдущей операции из приложения 2 [2], мм,

h_{i-1} - величина дефектного слоя, полученная на предыдущей операции из приложения 2 [2], мм,

p_{i-1} -точность геометрической формы и расположения поверхностей при механической обработке, из приложения 3 [2], мм,

Припуск, полученный при подрезке торца на первой токарной операции:

$$z_{11 \min} = Rz_{01} + h_{01} + p_{01} + \varepsilon_i = 0,16 + 0,15 + 1,50 + 0,20 = 2,01 \text{ мм},$$

Припуск, полученный при подрезке торца на второй токарной операции:

$$z_{21 \min} = Rz_{01} + h_{01} + p_{01} = 0,16 + 0,15 + 1,50 = 1,81 \text{ мм},$$

Припуск, полученный при точении наружной поверхности, выдерживая D_{22} :

$$z_{22 \min}^D = 2 \cdot \left(Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{p_{i-1}^2 + \varepsilon_{yi}^2} \right) = 2(0,05 + 0,05 + 1,90) = 4 \text{ мм},$$

где $p_{i-1} = \frac{TD_{01}}{2} = \frac{3,8}{2} = 1,90 \text{ мм};$

Припуск, полученный при растачивание отверстия на D_{15} :

$$z_{15 \min}^D = 2 \cdot \left(Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{p_{i-1}^2 + \varepsilon_{yi}^2} \right) = 2(0,15 + 0,08 + 0,05) = 0,56 \text{ мм},$$

7.5. Расчет диаметральных технологических размеров

Расчет ведется методом максимумов-минимумов с использованием способа средних значений по формулам представленным в [2].

Расчетная формула.

$$z_i^{cp} = z_{i \min} + \frac{\sum_{i=1}^{n+p} TD_i}{2},$$

где z_i^{cp} - среднее значение припуска;

$z_{i \min}$ - величина минимального припуска;

$\sum_{i=1}^{n+p} TD_i$ - сумма допусков составляющих звеньев размерной цепи;

1. Расчет диаметра проката

Рассмотрим технологическую размерную цепь (рис.10), в которой известны значения составляющего звена $K_{19} = D_{22}$, минимального припуска $z_{22 \min}^D$ и допуск D_{01} .

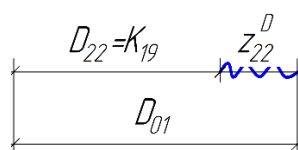


Рис.10 Размерная цепь для D_{01}

Находим среднее значение диаметра D_{22} :

$$D_{22}^{cp} = D_{22} + \frac{ESD_{22} + EJD_{22}}{2} = 180 + \frac{0 - 1,0}{2} = 179,5 \text{ мм},$$

где ESD_{22} - верхнее предельное отклонение диаметра D_{22} ;

EJD_{22} - нижнее предельное отклонение диаметра D_{22} .

Находим среднее значение припуска:

$$z_{22}^{cp} = z_{22 \min} + \frac{TD_{01} + TD_{22}}{2} = 4 + \frac{3,8 + 1,0}{2} = 6,4 \text{ мм},$$

Подсчет среднего значения звена D_{01} :

$$D_{01}^{cp} = z_{22}^{cp} + D_{22}^{cp} = 6,4 + 179,5 = 185,9 \text{ мм},$$

$$D_{01} = 185,9_{+1,2}^{+5,0} \text{ мм},$$

Диаметр стержня примем большем расчетного, из каталога поставщика [6]:

$$D_{01\phi} = 190_{+1,3}^{+5,5} \text{ мм},$$

Тогда, фактическое значение припуска будет:

$$z_{22}^D = D_{01} - D_{22} = 190_{+1,3}^{+5,5} - 180_{-1} = 10_{+1,3}^{+6,5} \text{ мм},$$

данный припуск нужно считать напуском

2. Расчет технологического размера при растачивании отверстия в диаметр D_{15}

Принцип расчета аналогичен, приведённому выше.

Рассмотрим размерную цепь рис.11, в которой известны значения составляющего звена $K_3 = D_{15}$, минимальное значение припуска z_{15}^D и величину допуска D_{14}

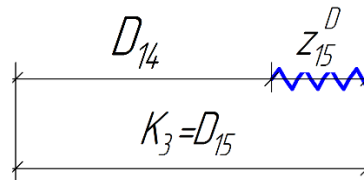


Рис.11 Размерная цепь для D_{14}

Находим среднее значение диаметра D_{15} :

$$D_{15}^{cp} = D_{15} + \frac{ESD_{15} + EJD_{15}}{2} = 32 + \frac{0 - 0,62}{2} = 31,69 \text{ мм},$$

Находим среднее значение припуска:

$$z_{15}^{cp} = z_{15 \min} + \frac{TD_{14} + TD_{15}}{2} = 0,56 + \frac{0,40 + 0,62}{2} = 1,07 \text{ мм},$$

Подсчет среднего значения звена D_{14} :

$$D_{14}^{cp} = D_{15}^{cp} - z_{15}^{cp} = 31,69 - 1,07 = 30,62 \text{ мм},$$

$$D_{14} = 30,6_{-0,4} \text{ мм},$$

Выбираем диаметр сверла по ГОСТ 10902-77 [7]:

$$D_{14\phi} = 30,5^{+0,12} \text{ мм},$$

Тогда, фактическое значение припуска будет равно:

$$z_{15}^D = D_{15} - D_{14\phi} = 32_{-0,62}^0 - 30,5^{+0,12} = 1,5_{-0,74}^0 \text{ мм},$$

7.6. Расчет линейных технологических размеров

1. Для нахождения размера A_{21} рассмотрим размерную цепь рис.9, где знаем значение звена K_{22} и $A_{13} = 15 \pm 0,025$

$$K_{22}^{cp} = A_{21}^{cp} + A_{13}^{cp}$$

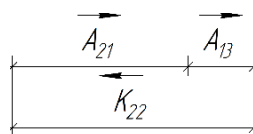


Рис.9 Размерная цепь для K_{22}

Находим среднее значение K_{22} :

$$K_{22}^{cp} = K_{22} + \frac{ESK_{22} + EJK_{22}}{2} = 50 + \frac{0,31 - 0,31}{2} = 50 \text{ мм},$$

Найдем среднее значение A_{21}^{cp} :

$$A_{21}^{cp} = K_{22}^{cp} - A_{13}^{cp} = 50 - 15 = 35 \text{ мм},$$

$$A_{21} = A_{21}^{cp} \pm \frac{TA_{21}}{2} = 35 \pm 0,055 \text{ мм},$$

2. Для нахождения размера A_{11} рассмотрим размерную схему рис.11, где уже известно значение A_{21} , $A_{13} = 15 \pm 0,025$ и $z_{21 \min}$

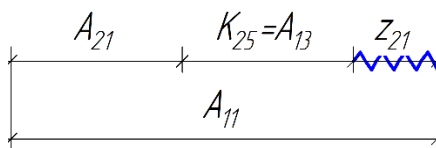


Рис.11 Размерная цепь для A_{11}

Находим среднее значение припуска:

$$z_{21}^{cp} = z_{21 \min} + \frac{TA_{21} + TA_{11} + TA_{13}}{2} = 1,81 + \frac{0,11 + 1,15 + 0,05}{2} = 2,465 \text{ мм},$$

Подсчет среднего значения звена A_{11} :

$$A_{11}^{cp} = A_{21}^{cp} + A_{13}^{cp} + z_{21}^{cp} = 35 + 15 + 2,465 = 52,465 \text{ мм},$$

$$A_{11} = A_{11}^{cp} \pm \frac{TA_{11}}{2} = 52,5 \pm 0,775 \text{ мм},$$

3. Рассмотрим размерную схему рис.12, для нахождения значения размера A_{01}

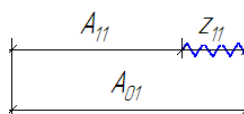


Рис.12 Размерная схема для A_{01}

Среднее значение припуска:

$$z_{11}^{cp} = z_{11 \min} + \frac{TA_{11} + TA_{01}}{2} = 2,01 + \frac{1,55 + 3,00}{2} = 4,285 \text{ мм},$$

Тогда среднее значение A_{01}^{cp} :

$$TA_{01}^{cp} = A_{11}^{cp} + z_{11}^{cp} = 52,655 + 4,285 = 56,94 \text{ мм},$$

$$A_{01} = A_{01}^{cp} \pm \frac{TA_{01}}{2} = 56,95 \pm 1,5 \approx 57 \pm 1,5 \text{ мм},$$

8. Определение режимов резания

8.1. Выбор оборудования и технологической оснастки

Для заготовительной операции был выбран ленточнопильный станок 8532, необходимые характеристики которого представлены в таблице 8.1. [5]

Таблица 8.1. Технические характеристики ленточнопильного вертикального станка 8532

Максимальный диаметр заготовки, мм	350
Длина отрезаемой заготовки максимальная, мм	900
Потребляемая мощность, кВт	1,5

На первой и второй токарных операциях будет использоваться станок 16К20Ф3, необходимые технические характеристики которого представлены в таблице 8.2. [8]

Таблица 8.2. Технические характеристики токарного станка с ЧПУ 16К20Ф3

Наиб диаметр обрабатываемого изделия над станиной, мм	400
Наиб диаметр обрабатываемого изделия над суппортом, мм	220
Наиб длина обрабатываемого изделия, мм	1000
Мощность двигателя главного движения, кВт	11
Пределы чисел оборотов шпинделя, об/мин	12,5..2000

Для фрезерных операций был выбран вертикально-фрезерный обрабатывающий центр Haas VF-3, необходимые технические характеристики которого представлены в таблице 8.3. [9]

Таблица 8.3. Технические характеристики Haas VF-3

Ход в рабочей зоне (X/Y/Z), мм	1016/508/635
Диапазон скорости вращения, об/мин	12000
Мощность привода, кВт	22,4
Крутящий момент, Нм	122

Расчёты произведены по рекомендациям из справочника [5].

8.2. Определение режимов резания на заготовительной операции

Для данной операции выбираем ленточнопильный вертикальный станок 8532. Инструмент: ленточное полотно (рис.13) Р6М5.

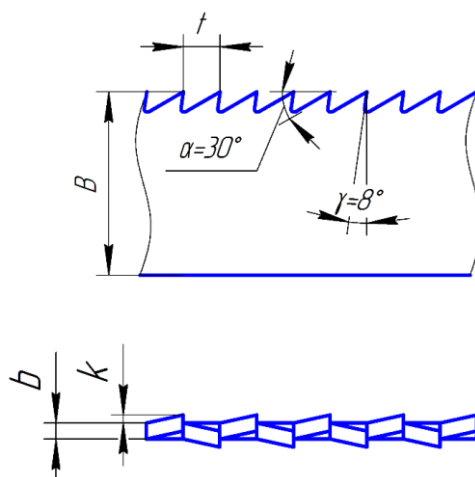


Рис.13 Геометрия пилы

Геометрические параметры ленточного полотна. Таблица 2.[5]

Размер пилы, мм				Режимы резания	
B	b	t	k	V, м/мин	S, мм/зуб
30	1	6	0,5	10	0,08

8.3. Определение режимов резания на первой операции

Для данной операции выбран токарный станок с ЧПУ – 16К20Ф3.

I. Подрезка торца $D_{01\phi} = 190^{+5,5}_{+1,3}$ мм

Материал режущего инструмента выбираем в соответствии с рекомендациями по обработке полиацетала – ВК8, стойкость 30-60 мин (критерий затупления 0,3) ,

Геометрические параметры резца. Таблица 3.[5]

γ , град	α , град	φ , град	φ_1 , град	r , мм
15	8	105	5	1

1. Глубина резания: $t = Z = 2,01$ мм.

2. Подача для данной глубины резания: $S = 0,2$ мм/об

3. Расчетная формула, скорости резания, м/с:

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y},$$

T- стойкость инструмента, мин;

C_V - постоянный коэффициент;

t- глубина резания, мм;

m,x,y- показатели степени;

S- подача, мм/об;

Период стойкости инструмента принимаем: $T = 33$ мин.

Значения коэффициентов: $C_V = 52$; $m = 1,1$; $x = 0,36$; $y = 0,68$

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} = \frac{52}{33^{1,1} \cdot 2,01^{0,36} \cdot 0,2^{0,68}} = 2,58 \frac{\text{м}}{\text{с}},$$

$$V \approx 154,8 \frac{\text{м}}{\text{мин}},$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 154,8}{3,14 \cdot 190} = 259,47 \frac{\text{об}}{\text{мин}}.$$

Оснащение станка ЧПУ позволяет задать любое значение частоты вращения, с точностью до 1 об/мин, в пределах рабочего диапазона частот (50-800 об/мин)

$$n_{\phi} = 260 \frac{\text{об}}{\text{мин}},$$

5. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 190 \cdot 260}{1000} = 155,2 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

6. Определяем главную составляющую силы резания по формуле:

$$P_z = 75 \cdot t \cdot S^{0,72} = 75 \cdot 2,01 \cdot 0,2^{0,72} = 47,3 \text{ Н},$$

7. Мощность резания:

$$N_{\text{рез}} = \frac{P_z \cdot V}{102 \cdot 60} = \frac{26 \cdot 155,2}{102 \cdot 60} = 1,2 \text{ кВт.}$$

Проверка по мощности:

$$N_{\text{рез}} \leq N_{\text{ст}};$$

$N_{\text{ст}}$ - мощность на шпинделе станка;

$N_{\text{дв}}$ - мощность двигателя главного движения станка;

$$N_{\text{ст}} = N_{\text{дв}} \cdot \eta = 11 \cdot 0,75 = 8,25 \text{ кВт}$$

Примем минимальное значение КПД станка $\eta = 0,75$.

$$1,2 < 8,25$$

II. Точение поверхности $D_{12} = 125_{-1}$ мм.

1. Глубина резания: $t = 3$ мм

Общая глубина резания равна половине напуска :

$$t_{\text{общ}} = \frac{x_{12\text{max}}^D}{2},$$

Величину напуска на точение поверхности D_{12} найдем из цепи (рис.14)

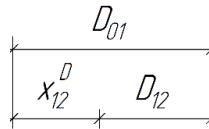


Рис.14 Размерная цепь для x_{12}^D

$$x_{12}^D = D_{01} - D_{12} = 190_{+1.3}^{+5.5} - 125_{-1} = 65_{+1.3}^{+6.5} \text{ мм,}$$

Общая глубина резания равна:

$$t_{\text{общ}} = \frac{x_{12\text{max}}^D}{2} = \frac{65_{+1.3}^{+6.5}}{2} = 35,75 \text{ мм,}$$

$$\text{Количество рабочих ходов } p = \frac{35,75}{t} = \frac{35,75}{3} = 12$$

2. Подача $S = 0,2$ мм/об

3. Скорость резания

Значения коэффициентов: $C_V = 52$; $m = 1,1$; $x = 0,36$; $y = 0,68$

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} = \frac{52}{33^{1,1} \cdot 3^{0,36} \cdot 0,2^{0,68}} = 2,23 \frac{\text{м}}{\text{с}},$$

$$V \approx 134 \frac{\text{м}}{\text{мин}},$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 134}{3,14 \cdot 125} = 341,2 \frac{\text{об}}{\text{мин}}.$$

Оснащение станка ЧПУ позволяет задать любое значение частоты вращения, с точностью до 1 об/мин, в пределах рабочего диапазона частот (50-800 об/мин)

$$n_{\phi} = 341 \frac{\text{об}}{\text{мин}},$$

5. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 125 \cdot 341}{1000} = 133,9 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

6. Определяем главную составляющую силы резания по формуле:

$$P_z = 75 \cdot t \cdot S^{0,72} = 75 \cdot 3 \cdot 0,2^{0,72} = 70,6 \text{ Н},$$

7. Мощность резания:

$$N_{\text{рез}} = \frac{P_z \cdot V}{102 \cdot 60} = \frac{70,6 \cdot 133,9}{102 \cdot 60} = 1,5 \text{ кВт}.$$

Проверка по мощности:

$$N_{\text{рез}} \leq N_{\text{ст}};$$

$$1,5 < 8,25$$

III. Точение поверхности $D_{13} = 70_{-0,74} \text{ мм}.$

1. Глубина резания: $t = 3 \text{ мм},$

Величину напуска на точение поверхности D_{13} найдем из цепи (рис.15):

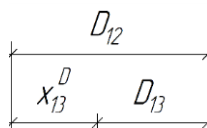


Рис.15 Размерная цепь для x_{13}^D

$$x_{13}^D = D_{12} - D_{13} = 125_{-1,0} - 70_{-0,74} = 55_{-1,0}^{+0,74} \text{ мм},$$

$$\text{Общая глубина резания } t_{\text{общ}} = \frac{x_{13\text{max}}^D}{2} = \frac{55^{+0,74}}{2} = 27,87 \text{ мм},$$

Количество рабочих ходов $p = \frac{27,87}{t} = \frac{27,87}{3} = 10$,

2. Подача $S = 0,2$ мм/об

3. Скорость резания:

Значения коэффициентов: $C_V = 52$; $m = 1,1$; $x = 0,36$; $y = 0,68$

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} = \frac{52}{33^{1,1} \cdot 3^{0,36} \cdot 0,2^{0,68}} = 2.23 \frac{\text{м}}{\text{с}},$$

$$V \approx 134 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 134}{3,14 \cdot 70} = 609,3 \frac{\text{об}}{\text{мин}}.$$

Оснащение станка ЧПУ позволяет задать любое значение частоты вращения, с точностью до 1 об/мин, в пределах рабочего диапазона частот (50-800 об/мин)

$$n_{\phi} = 609 \frac{\text{об}}{\text{мин}},$$

5. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 70 \cdot 609}{1000} = 133,9 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

6. Определяем главную составляющую силы резания по формуле:

$$P_z = 75 \cdot t \cdot S^{0,72} = 75 \cdot 3 \cdot 0,2^{0,72} = 70,6 \text{ Н},$$

7. Мощность резания:

$$N_{\text{рез}} = \frac{P_z \cdot V}{102 \cdot 60} = \frac{70,6 \cdot 133,9}{102 \cdot 60} = 1,5 \text{ кВт}.$$

Проверка по мощности:

$$N_{\text{рез}} \leq N_{\text{ст}};$$

$$1,5 < 8,25$$

IV. Сверление отверстия $D_{14\phi} = 30,5_{-0,4}^0$ мм

Для данной операции выбираем токарный станок с ЧПУ – 16К20ФЗ

Материал сверла выбираем в соответствии с рекомендациями [5] по обработке полиацетала – Р6М5, стойкость 5-120 мин (критерий затупления 0,15)

Сверло 2301-0106 по ГОСТ10903-77 [7]

Геометрические параметры сверла. Таблица 4. [7], [5].

d, мм	l, мм	L, мм	Конус Морзе
30,00	175	296	3

γ , град	α , град	2φ , град	ω , град
-4	8	120	15

1. Глубина резания: $t = \frac{D_{14\phi}}{2} = \frac{30,5}{2} = 15,25$ мм.

2. Подача для данной глубины резания: $s = 0,5$ мм/об

3. Скорость резания принимается из рекомендуемых значений при данной подаче и материале заготовки

$$V = 0,9 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 54 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 54}{3,14 \cdot 30,5} = 563,6 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

Оснащение станка ЧПУ позволяет задать любое значение частоты вращения, с точностью до 1 об/мин, в пределах рабочего диапазона частот (50-800 об/мин)

$$n_{\phi} = 564 \frac{\text{об}}{\text{мин}},$$

5. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 30,5 \cdot 564}{1000} = 54 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

6. Расчет осевой силы резания и крутящего момента, по формулам [5]:

$$P_0 = C_p D^x S^y = 28,8 \cdot 30,5^{1,3} \cdot 0,5^{0,6} = 1615,7 \text{ Н},$$

$$M_{кр} = C_m D^x S^y = 0,00149 \cdot 30,5^{2,25} \cdot 0,5^{0,59} = 2,2 \text{ Нм},$$

7. Мощность резания:

$$N_{рез} = 0,617 M_{кр} = 0,617 \cdot 2,2 = 1,4 \text{ кВт.}$$

Проверка по мощности:

$$N_{рез} \leq N_{ст};$$

$N_{ст}$ - мощность на шпинделе станка;

$N_{дв}$ - мощность двигателя главного движения станка;

$$N_{ст} = N_{дв} \cdot \eta = 11 \cdot 0,75 = 8,25 \text{ кВт}$$

Примем минимальное значение КПД станка $\eta = 0,75$.

$$1,4 < 8,25$$

8.4. Определение режимов резания на второй операции

Для данной операции выбираем токарный станок с ЧПУ – 16K20Ф3.

$$\text{I. Подрезка торца } D_{01\phi} = 190_{+1,3}^{+5,5} \text{ мм}$$

Материал режущего инструмента выбираем в соответствии с рекомендациями по обработке полиацетала – ВК8 , стойкость 30-60 мин (критерий затупления 0,3)

Геометрические параметры резца. Таблица 5. [5]

γ , град	α , град	φ , град	φ_1 , град	r , мм
15	8	90	15	1

1. Глубина резания: $t = Z = 2,655 \text{ мм.}$

2. Подача для данной глубины резания: $S = 0,2 \text{ мм/об}$

3. Расчетная формула , скорости резания , м/с

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y}$$

T- стойкость инструмента, мин;

S- подача , мм/об;

t- глубина резания, мм;

C_v - постоянный коэффициент;

m,x,y- показатели степени;

Период стойкости инструмента принимаем: $T = 33$ мин.

Значения коэффициентов: $C_V = 52$; $m = 1,1$; $x = 0,36$; $y = 0,68$

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} = \frac{52}{33^{1,1} \cdot 2,655^{0,36} \cdot 0,2^{0,68}} = 2,33 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$
$$V \approx 150 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 140}{3,14 \cdot 190} = 235,5 \frac{\text{об}}{\text{мин}}.$$

Оснащение станка ЧПУ позволяет задать любое значение частоты вращения, с точностью до 1 об/мин, в пределах рабочего диапазона частот (50-800 об/мин)

$$n_{\phi} = 236 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

5. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 190 \cdot 236}{1000} = 140,9 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

6. Определяем главную составляющую силы резания по формуле:

$$P_z = 75 \cdot t \cdot S^{0,72} = 75 \cdot 2,655 \cdot 0,2^{0,72} = 62,5 \text{ Н}$$

7. Мощность резания:

$$N_{\text{рез}} = \frac{P_z \cdot V}{102 \cdot 60} = \frac{62,5 \cdot 140,9}{102 \cdot 60} = 1,4 \text{ кВт}.$$

Проверка по мощности:

$$N_{\text{рез}} \leq N_{\text{ст}};$$

$N_{\text{ст}}$ - мощность на шпинделе станка;

$N_{\text{дв}}$ - мощность двигателя главного движения станка;

$$N_{\text{ст}} = N_{\text{дв}} \cdot \eta = 11 \cdot 0,75 = 8,25 \text{ кВт}$$

Примем минимальное значение КПД станка $\eta = 0,75$.

$$1,4 < 8,25$$

II. Точение поверхности $D_{22} = 180_{-1}$ мм.

1. Глубина резания: $t = 3$ мм,

$$\text{Общая глубина резания } t_{\text{общ}} = \frac{D_{01\text{max}} - D_{22\text{min}}}{2} = \frac{190^{+6.5} - 180_{-1.0}}{2} = 7,75 \text{ мм},$$

$$\text{Количество рабочих ходов } p = \frac{7,75}{t} = \frac{7,75}{3} = 2,6 = 3,$$

2. Подача $S = 0,2$ мм/об,

3. Скорость резания:

Значения коэффициентов: $C_V = 52$; $m = 1,1$; $x = 0,36$; $y = 0,68$

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} = \frac{52}{33^{1,1} \cdot 3^{0,36} \cdot 0,2^{0,68}} = 2.23 \frac{\text{м}}{\text{с}},$$

$$V \approx 134 \frac{\text{м}}{\text{мин}},$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 134}{3,14 \cdot 180} = 236,96 \frac{\text{об}}{\text{мин}}.$$

Оснащение станка ЧПУ позволяет задать любое значение частоты вращения, с точностью до 1 об/мин, в пределах рабочего диапазона частот (50-800 об/мин)

$$n_{\phi} = 237 \frac{\text{об}}{\text{мин}},$$

5. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 180 \cdot 237}{1000} = 134 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

6. Определяем главную составляющую силы резания по формуле:

$$P_z = 75 \cdot t \cdot S^{0,72} = 75 \cdot 3 \cdot 0,2^{0,72} = 70,6 \text{ Н},$$

7. Мощность резания:

$$N_{\text{рез}} = \frac{P_z \cdot V}{102 \cdot 60} = \frac{70,6 \cdot 134}{102 \cdot 60} = 1,54 \text{ кВт}.$$

Проверка по мощности:

$$N_{\text{рез}} \leq N_{\text{ст}};$$

$$1,54 < 8,25$$

III. Растачивание отверстия $D_{23} = 116_{-0,87}$ мм.

Геометрические параметры резца. Таблица 6. [5]

γ , град	α , град	φ , град	φ_1 , град	r , мм
15	8	95	15	1

1. Глубина резания: $t = 1,2$ мм,

2. Подача $S = 0,15$ мм/об,

3. Скорость резания:

Значения коэффициентов: $C_V = 52$; $m = 1,1$; $x = 0,36$; $y = 0,68$

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} = \frac{52}{33^{1,1} \cdot 1,2^{0,36} \cdot 0,15^{0,68}} = 3,1 \frac{\text{м}}{\text{с}},$$

$$V \approx 186,5 \frac{\text{м}}{\text{мин}},$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 186,5}{3,14 \cdot 116} = 511,8 \frac{\text{об}}{\text{мин}}.$$

Оснащение станка ЧПУ позволяет задать любое значение частоты вращения, с точностью до 1 об/мин, в пределах рабочего диапазона частот (50-800 об/мин)

$$n_{\phi} = 512 \frac{\text{об}}{\text{мин}},$$

5. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 116 \cdot 512}{1000} = 186,5 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

6. Определяем главную составляющую силы резания по формуле:

$$P_z = 75 \cdot t \cdot S^{0,72} = 75 \cdot 1,2 \cdot 0,15^{0,72} = 28,25 \text{ Н},$$

7. Мощность резания:

$$N_{\text{рез}} = \frac{P_z \cdot V}{102 \cdot 60} = \frac{28,25 \cdot 186,5}{102 \cdot 60} = 0,86 \text{ кВт}.$$

Проверка по мощности:

$$N_{\text{рез}} \leq N_{\text{ст}};$$

$$0,86 < 8,25$$

IV. Точение канавки $D_{25} = 158_{-1}$ мм.

Геометрические параметры резца. Таблица 7. [5]

γ , град	α , град	φ , град	φ_1 , град	r , мм
20	8	0	2	1

1. Глубина резания: $t = 10$ мм,

2. Подача $S = 0,2$ мм/об,

3. Скорость резания:

Значения коэффициентов: $C_V = 52$; $m = 1,1$; $x = 0,36$; $y = 0,68$

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} = \frac{52}{33^{1,1} \cdot 10^{0,36} \cdot 0,2^{0,68}} = 1,45 \frac{\text{м}}{\text{с}},$$

$$V \approx 87 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 87}{3,14 \cdot 158} = 175,4 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

Оснащение станка ЧПУ позволяет задать любое значение частоты вращения, с точностью до 1 об/мин, в пределах рабочего диапазона частот (50-800 об/мин)

$$n_{\phi} = 175 \frac{\text{об}}{\text{мин}},$$

5. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 158 \cdot 175}{1000} = 86,86 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

6. Определяем главную составляющую силы резания по формуле:

$$P_z = 75 \cdot t \cdot S^{0,72} = 75 \cdot 10 \cdot 0,2^{0,72} = 235,4 \text{ Н},$$

7. Мощность резания:

$$N_{\text{рез}} = \frac{P_z \cdot V}{102 \cdot 60} = \frac{86,86 \cdot 235,4}{102 \cdot 60} = 5,5 \text{ кВт.}$$

Проверка по мощности:

$$N_{\text{рез}} \leq N_{\text{ст}};$$

$$5,5 < 8,25$$

$$\text{V. Растачивание отверстия } D_{26} = 32^{+0,025} \text{ мм.}$$

Геометрические параметры резца. Таблица 8. [5]

γ , град	α , град	φ , град	φ_1 , град	r , мм
15	8	95	15	1

1. Глубина резания: $t = z_{15}^D = 1,5_{-0,62}^{+0,4}$,

2. Подача $S = 0,15$ мм/об,

3. Скорость резания:

Значения коэффициентов: $C_V = 52$; $m = 1,1$; $x = 0,36$; $y = 0,68$

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} = \frac{52}{33^{1,1} \cdot 1,5^{0,36} \cdot 0,15^{0,68}} = 2,9 \frac{\text{м}}{\text{с}},$$

$$V \approx 172 \frac{\text{м}}{\text{мин}},$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 172}{3,14 \cdot 32} = 1711,6 \frac{\text{об}}{\text{мин}}.$$

Оснащение станка ЧПУ позволяет задать любое значение частоты вращения, с точностью до 1 об/мин, в пределах рабочего диапазона частот (125-2000 об/мин)

$$n_{\phi} = 1712 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

5. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 116 \cdot 512}{1000} = 186,5 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

6. Определяем главную составляющую силы резания по формуле:

$$P_z = 75 \cdot t \cdot S^{0,72} = 75 \cdot 1,5 \cdot 0,15^{0,72} = 35,3 \text{ Н}$$

7. Мощность резания:

$$N_{\text{рез}} = \frac{P_z \cdot V}{102 \cdot 60} = \frac{35.3 \cdot 186.5}{102 \cdot 60} = 1,08 \text{ кВт.}$$

Проверка по мощности:

$$N_{\text{рез}} \leq N_{\text{ст}};$$

$$1,08 < 8,25$$

8.5. Определение режимов резания на третьей операции

I. Сверление отверстий $D_{31} = 8_{-0,13} \text{ мм}$

Сверло центровочное комбинированное 2317-0006 (рис.16) [10]:

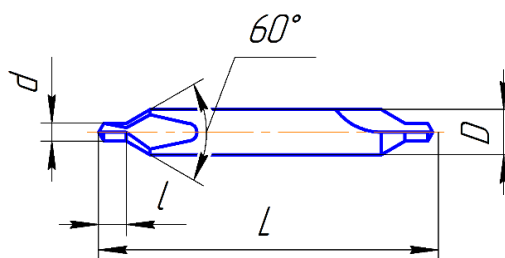


Рис.16 Сверло центровочное комбинированное

Геометрические параметры сверла. Таблица 9.[10]

d, мм	D, мм	l, мм	L, мм
3,15	8,00	4,9	59

1. Глубина резания: $t = \frac{D_{13}}{2} = \frac{8}{2} = 4 \text{ мм.}$

2. Подача для данной глубины резания: $S = 0,5 \text{ мм/об,}$

3. Скорость резания принимается из рекомендуемых значений при данной подаче и материале заготовки:

$$V = 0,9 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 54 \frac{\text{м}}{\text{мин}},$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 54}{3,14 \cdot 8} = 2149,9 \frac{\text{об}}{\text{мин}}.$$

Оснащение станка ЧПУ позволяет задать любое значение частоты вращения, с точностью до 1 об/мин

$$n_{\phi} = 2150 \frac{\text{об}}{\text{мин}},$$

5. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 8 \cdot 2150}{1000} = 54 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

6. Расчет осевой силы резания и крутящего момента, по формулам:

$$P_0 = C_p D^x S^y = 28,8 \cdot 8^{1,3} \cdot 0,5^{0,6} = 283,65 \text{ Н}$$

$$M_{\text{кр}} = C_m D^x S^y = 0,00149 \cdot 8^{2,25} \cdot 0,5^{0,59} = 0,1 \text{ Нм}$$

7. Мощность резания:

$$N_{\text{рез}} = 0,617 M_{\text{кр}} = 0,617 \cdot 0,1 = 0,0617 \text{ кВт.}$$

Проверка по мощности:

$$N_{\text{рез}} \leq N_{\text{ст}};$$

$N_{\text{ст}}$ - мощность на шпинделе станка;

$N_{\text{дв}}$ - мощность двигателя главного движения станка;

$$N_{\text{ст}} = N_{\text{дв}} \cdot \eta = 22 \cdot 0,8 = 17,6 \text{ кВт}$$

Примем минимальное значение КПД станка $\eta = 0,8$.

$$0,0617 < 17,6$$

II. Расфрезеровывание отверстий $D_{34} = 19^{+0,52} \text{ мм}$

Материал режущего инструмента выбираем в соответствии с рекомендациями по обработке полиацетата –Р6М5, стойкость 60 мин (критерий затупления 0,3) [5]

Инструмент: Фреза 18-1-А-1-16-123 [11]

Геометрические параметры фрезы. Таблица 10.[11]

d, мм	$d_{\text{хв}}$, мм	l, мм	L, мм	Число зубьев
18	16	63	123	4

$$1. \text{ Глубина резания: } \frac{d_{\text{фр}} - D_{34}}{2} = \frac{18 - 18}{2} = 0 \text{ мм.}$$

$$2. \text{ Подача на зуб: } S_z = 0,2 \text{ мм/зуб,}$$

3. Расчетная формула , скорости резания , м/с

$$V = \frac{11,2}{T^{0,6} \cdot t^{0,03} \cdot S^{0,06} D^{0,11}},$$

T- стойкость инструмента, мин;

t- глубина резания, мм;

S- подача , мм/об;

D- диаметр фрезы, мм.

Период стойкости инструмента принимаем: T = 60 мин.

$$V = \frac{11,2}{T^{0,6} \cdot t^{0,03} \cdot S^{0,06} D^{0,11}} = \frac{11,2}{60^{0,6} \cdot 5^{0,36} \cdot 0,2^{0,06} \cdot 18^{0,11}} = 0,43 \frac{\text{м}}{\text{с}},$$

$$V \approx 25,8 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 25,8}{3,14 \cdot 18} = 456,5 \frac{\text{об}}{\text{мин}}.$$

Оснащение станка ЧПУ позволяет задать любое значение частоты вращения, с точностью до 1 об/мин, в пределах рабочего диапазона частот (50-800 об/мин)

$$n_{\phi} = 457 \frac{\text{об}}{\text{мин}},$$

5. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 18 \cdot 457}{1000} = 25,84 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

6. Определяем главную составляющую силы по общемашиностроительным нормам режимов резания:

$$P_z = P_z^* \cdot m = 60 \cdot 4 = 240 \text{ Н},$$

$$P_z^* = C_p D^x S^y = 28,8 \cdot 18^{1,3} \cdot 0,8^{0,6} = 60 \text{ Н},$$

$$M_{\text{кр}} = C_m D^x S^y = 0,00149 \cdot 18^{2,25} \cdot 0,8^{0,59} = 0,9 \text{ Нм},$$

Минутная подача :

$$S = S_z z n = 0,2 \cdot 4 \cdot 457 = 365,6 \frac{\text{мм}}{\text{мин}}$$

Подача в мм/об :

$$S = S_z z = 0,2 \cdot 4 = 0,8 \frac{\text{мм}}{\text{об}}$$

P_z^* - тангенциальная сила резания;

m - число одновременно работающих зубьев, шт;

7. Мощность резания:

$$N_{\text{рез}} = \frac{P_z \cdot V}{102 \cdot 60} = \frac{240 \cdot 25,84}{102 \cdot 60} = 1,0 \text{ кВт.}$$

Проверка по мощности:

$$N_{\text{рез}} \leq N_{\text{ст}};$$

$N_{\text{ст}}$ - мощность на шпинделе станка;

$N_{\text{дв}}$ - мощность двигателя главного движения станка;

$$N_{\text{ст}} = N_{\text{дв}} \cdot \eta = 22 \cdot 0,8 = 17,6 \text{ кВт}$$

Примем минимальное значение КПД станка $\eta = 0,8$.

$$1,0 < 17,6$$

III. Сверление отверстий $D_{35} = 4 \text{ мм}$

Для сверление будет использовано 2 сверла:

- на глубину A_{36} и A_{37} , спиральное сверло удлиненное с цилиндрическим хвостовиком № 13400100400 [12]

Геометрические параметры сверла. Таблица 11. [12]

d, мм	l, мм	L, мм	ω , град
4,00	78	119	118

- на глубину A_{38} и A_{39} , сверло спиральное 2300-6545 [7]

Геометрические параметры сверла. Таблица 12. [7]

d, мм	l, мм	L, мм	ω , град
-------	-------	-------	-----------------

4,00	43	75	118
------	----	----	-----

1. Глубина резания: $t = \frac{D_{35}}{2} = \frac{4}{2} = 2$ мм.

2. Подача для данной глубины резания: $S = 0,1$ мм/об

3. Скорость резания принимается из рекомендуемых значений при данной подаче и материале заготовки

$$V = 0,15 = 9 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 9}{3,14 \cdot 4} = 716,2 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

Оснащение станка ЧПУ позволяет задать любое значение частоты вращения, с точностью до 1 об/мин

$$n_{\phi} = 716 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

5. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 4 \cdot 716}{1000} = 8,99 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

6. Расчет осевой силы резания и крутящего момента, по формулам:

$$P_o = C_p D^x S^y = 28,8 \cdot 4^{1,3} \cdot 0,15^{0,6} = 55,94 \text{ Н}$$

$$M_{кр} = C_m D^x S^y = 0,00149 \cdot 4^{2,25} \cdot 0,15^{0,59} = 0,007 \text{ Нм}$$

7. Мощность резания:

$$N_{рез} = 0,617 M_{кр} = 0,617 \cdot 0,02 = 0,0617 \text{ кВт.}$$

Проверка по мощности:

$$N_{рез} \leq N_{ст};$$

$N_{ст}$ - мощность на шпинделе станка;

$N_{дв}$ - мощность двигателя главного движения станка;

$$N_{ст} = N_{дв} \cdot \eta = 22 \cdot 0,8 = 17,6 \text{ кВт}$$

Примем минимальное значение КПД станка $\eta = 0,8$.

$$0,007 < 17,6$$

IV. Рассверливание отверстий $D_{35} = 4,2$ мм

Инструмент: сверло спиральное с цилиндрическим хвостовиком 2300-6545[7]

Геометрические параметры сверла. Таблица 13. [7]

d, мм	l, мм	L, мм	ω , град
4,2	43	75	118

1. Глубина резания: $t = \frac{D_{35}}{2} = \frac{4,2}{2} = 2,1$ мм.

2. Подача для данной глубины резания: $S = 0,1$ мм/об

3. Скорость резания принимается из рекомендуемых значений при данной подаче и материале заготовки

$$V = 0,15 = 9 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 9}{3,14 \cdot 4,1} = 698,7 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

Оснащение станка ЧПУ позволяет задать любое значение частоты вращения, с точностью до 1 об/мин

$$n_{\phi} = 699 \frac{\text{об}}{\text{мин}},$$

5. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 4,1 \cdot 699}{1000} = 9 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

6. Расчет осевой силы резания и крутящего момента, по формулам:

$$P_o = C_p D^x S^y = 28,8 \cdot 4,1^{1,3} \cdot 0,15^{0,6} = 53,9 \text{ Н},$$

$$M_{кр} = C_m D^x S^y = 0,00149 \cdot 4,1^{2,25} \cdot 0,15^{0,59} = 0,012 \text{ Нм},$$

7. Мощность резания:

$$N_{рез} = 0,617 M_{кр} = 0,617 \cdot 0,012 = 0,007 \text{ кВт}.$$

Проверка по мощности:

$$N_{\text{рез}} \leq N_{\text{ст}};$$

$N_{\text{ст}}$ - мощность на шпинделе станка;

$N_{\text{дв}}$ - мощность двигателя главного движения станка;

$$N_{\text{ст}} = N_{\text{дв}} \cdot \eta = 22 \cdot 0,8 = 17,6 \text{ кВт}$$

Примем минимальное значение КПД станка $\eta = 0,8$.

$$0,007 < 17,6$$

V. Нарезание резьбы М5

Инструмент: метчик машинный 2620-1121 [13] из быстрорежущей стали Р6М5, стойкость $T=20$ мин.

СОЖ: Индустриальное масло И20 из рекомендаций [5].

Геометрические параметры метчика. Таблица 14. [13]

дном, мм	р, мм	l, мм	L, мм	φ , град
5,0	0,8	16,0	58,0	18

2. Подача для данной глубины резания: $S = 0,8$ мм/об

3. Скорость резания

$$V = \frac{C_v}{T^m} K_V = \frac{0,75}{20^{0,66}} 0,55 = 0,057 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 3,42 \frac{\text{м}}{\text{мин}},$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 3,42}{3,14 \cdot 5} = 217,72 \frac{\text{об}}{\text{мин}}.$$

Оснащение станка ЧПУ позволяет задать любое значение частоты вращения, с точностью до 1 об/мин

$$n_{\phi} = 218 \frac{\text{об}}{\text{мин}},$$

5. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 5 \cdot 218}{1000} = 3,42 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

6. Расчет осевой силы резания и крутящего момента, по формулам:

$$P_o = C_p D^x S^y = 28,8 \cdot 5^{1,3} \cdot 0,8^{0,6} = 204 \text{ Н},$$

$$M_{кр} = C_m D^x S^y = 0,00149 \cdot 5^{2,25} \cdot 0,8^{0,59} = 0,05 \text{ Нм},$$

7. Мощность резания:

$$N_{рез} = 0,617 M_{кр} = 0,617 \cdot 0,05 = 0,03 \text{ кВт}.$$

Проверка по мощности:

$$N_{рез} \leq N_{ст};$$

$N_{ст}$ - мощность на шпинделе станка;

$N_{дв}$ - мощность двигателя главного движения станка;

$$N_{ст} = N_{дв} \cdot \eta = 22 \cdot 0,8 = 17,6 \text{ кВт}$$

Примем минимальное значение КПД станка $\eta = 0,8$.

$$0,03 < 17,6$$

8.6. Определение режимов резания на четвертой операции

I. Сверление отверстий $D_{41} = 5 \text{ мм}$

Инструмент: сверло спиральное 2300-6473 [7] с цилиндрическим хвостовиком Р6М5

Геометрические параметры сверла. Таблица 15. [7]

d, мм	l, мм	L, мм	ω , град
5	52	86	118

1. Глубина резания: $t = \frac{D_{41}}{2} = \frac{5}{2} = 2,5 \text{ мм}.$

2. Подача для данной глубины резания: $S = 0,5 \text{ мм/об}$

3. Скорость резания принимается из рекомендуемых значений при данной подаче и материале заготовки :

$$V = 0,9 = 54 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 54}{3,14 \cdot 5} = 3437,7 \frac{\text{об}}{\text{мин}}.$$

Оснащение станка ЧПУ позволяет задать любое значение частоты вращения, с точностью до 1 об/мин

$$n_{\phi} = 3438 \frac{\text{об}}{\text{мин}},$$

5. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 5 \cdot 3438}{1000} = 54 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

6. Расчет осевой силы резания и крутящего момента, по формулам:

$$P_o = C_p D^x S^y = 28,8 \cdot 5^{1,3} \cdot 0,5^{0,6} = 149,7 \text{ Н},$$

$$M_{\text{кр}} = C_m D^x S^y = 0,00149 \cdot 5^{2,25} \cdot 0,55^{0,59} = 0,04 \text{ Нм},$$

7. Мощность резания:

$$N_{\text{рез}} = 0,617 M_{\text{кр}} = 0,617 \cdot 0,04 = 0,024 \text{ кВт}.$$

Проверка по мощности:

$$N_{\text{рез}} \leq N_{\text{ст}};$$

$N_{\text{ст}}$ - мощность на шпинделе станка;

$N_{\text{дв}}$ - мощность двигателя главного движения станка;

$$N_{\text{ст}} = N_{\text{дв}} \cdot \eta = 22 \cdot 0,8 = 17,6 \text{ кВт}$$

Примем минимальное значение КПД станка $\eta = 0,8$.

$$0,024 < 17,6$$

II. Сверление отверстия $D_{46} = 18_{-0,1} \text{ мм}$

Инструмент: сверло спиральное 2300-2525 [7] с цилиндрическим хвостовиком Р6М5

Геометрические параметры сверла. Таблица 16. [7]

d, мм	l, мм	L, мм	ω , град
18	130	190	118

1. Глубина резания: $t = \frac{D_{46}}{2} = \frac{18}{2} = 9 \text{ мм}.$

2. Подача для данной глубины резания: $s = 0,5 \text{ мм/об}$

3. Скорость резания принимается из рекомендуемых значений при данной подаче и материале заготовки :

$$V = 0,9 = 54 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 54}{3,14 \cdot 18} = 961,5 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

Оснащение станка ЧПУ позволяет задать любое значение частоты вращения, с точностью до 1 об/мин

$$n_{\phi} = 962 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

5. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 18 \cdot 962}{1000} = 54,3 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

6. Расчет осевой силы резания и крутящего момента, по формулам:

$$P_0 = C_p D^x S^y = 28,8 \cdot 18^{1,3} \cdot 0,5^{0,6} = 81,4 \text{ Н},$$

$$M_{\text{кр}} = C_m D^x S^y = 0,00149 \cdot 18^{2,25} \cdot 0,5^{0,59} = 0,6 \text{ Нм},$$

7. Мощность резания:

$$N_{\text{рез}} = 0,617 M_{\text{кр}} = 0,617 \cdot 0,6 = 0,4 \text{ кВт}.$$

Проверка по мощности:

$$N_{\text{рез}} \leq N_{\text{ст}};$$

$N_{\text{ст}}$ - мощность на шпинделе станка;

$N_{\text{дв}}$ - мощность двигателя главного движения станка;

$$N_{\text{ст}} = N_{\text{дв}} \cdot \eta = 22 \cdot 0,8 = 17,6 \text{ кВт}$$

Примем минимальное значение КПД станка $\eta = 0,8$.

$$0,4 < 17,6$$

8.7. Определение режимов резания на пятой операции

I. Фрезерование пазов $D_{51} = 19 \text{ мм}$

Материал режущего инструмента выбираем в соответствии с рекомендациями по обработке полиацетала –Р6М5, стойкость 60 мин (критерий затупления 0,3)

Инструмент: Фреза 18-1-A-1-16-123 [11]

Геометрические параметры фрезы. Таблица 17.[11]

d, мм	$d_{\text{ХВ}}$, мм	l, мм	L, мм	Число зубьев
18	16	63	123	4

1. Глубина резания: $\frac{d_{\text{фр}}}{2} = \frac{18}{2} = 9$ мм.

2. Подача на зуб: $S_z = 0,2$ мм/зуб

3. Расчетная формула , скорости резания , м/с

$$V = \frac{11,2}{T^{0,6} \cdot t^{0,03} \cdot S^{0,06} D^{0,11}},$$

T- стойкость инструмента, мин;

t- глубина резания, мм;

S- подача , мм/об;

D- диаметр фрезы, мм.

Период стойкости инструмента принимаем: T = 60 мин.

$$V = \frac{11,2}{T^{0,6} \cdot t^{0,03} \cdot S^{0,06} D^{0,11}} = \frac{11,2}{60^{0,6} \cdot 9^{0,36} \cdot 0,2^{0,06} \cdot 18^{0,11}} = 0,35 \frac{\text{м}}{\text{с}},$$

$$V \approx 21 \frac{\text{м}}{\text{мин}},$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 21}{3,14 \cdot 18} = 317,36 \frac{\text{об}}{\text{мин}}.$$

Оснащение станка ЧПУ позволяет задать любое значение частоты вращения, с точностью до 1 об/мин, в пределах рабочего диапазона частот (50-800 об/мин)

$$n_{\text{ф}} = 317 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

5. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 18 \cdot 317}{1000} = 17,9 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

6. Определяем главную составляющую силы по общемашиностроительным нормам режимов резания:

$$P_z = P_z^* \cdot m = 60 \cdot 4 = 240 \text{ Н},$$

$$P_z^* = C_p D^x S^y = 28,8 \cdot 18^{1,3} \cdot 0,8^{0,6} = 60 \text{ Н},$$

$$M_{кр} = C_m D^x S^y = 0,00149 \cdot 18^{2,25} \cdot 0,8^{0,59} = 0,9 \text{ Нм},$$

Минутная подача:

$$S = S_z z n = 0,2 \cdot 4 \cdot 317 = 253,6 \frac{\text{мм}}{\text{мин}}$$

Подача в мм/об

$$S = S_z z = 0,2 \cdot 4 = 0,8 \frac{\text{мм}}{\text{об}}$$

P_z^* - тангенциальная сила резания;

m - число одновременно работающих зубьев, шт;

7. Мощность резания:

$$N_{рез} = \frac{P_z \cdot V}{102 \cdot 60} = \frac{240 \cdot 17,9}{102 \cdot 60} = 0,7 \text{ кВт}.$$

Проверка по мощности:

$$N_{рез} \leq N_{ст};$$

$N_{ст}$ - мощность на шпинделе станка;

$N_{дв}$ - мощность двигателя главного движения станка;

$$N_{ст} = N_{дв} \cdot \eta = 22 \cdot 0,8 = 17,6 \text{ кВт}$$

Примем минимальное значение КПД станка $\eta = 0,8$.

$$0,7 < 17,6$$

Рассчитанные режимы резания указаны в таблице 18

Режимы резания. Таблица 18.

Наименование операции и перехода	Глубина резания, t	Стойкость инструмента, Т	Подача, S	Принятая скорость резания и частота вращения шпинделя		Главная составляющая силы резания, P	Крутящий момент, $M_{кр}$	Мощность резания, $N_{рез}$
	мм	мин	мм/об	V, м/мин	n, об/мин	Н	Нм	кВт
0. Заготовительная			500	10				
1. Токарная с ЧПУ								
Подрезка торца $D_{01ф}$	2,0	33	0,20	155,20	260	47,3		1,20
Точение поверхности D_{12}	3,0	33	0,20	133,90	341	70,60		1,50
Точение поверхности D_{13}	3,0	33	0,20	133,90	609	70,60		1,50
Сверление отверстия D_{14}	15,2	60	0,50	54,00	564	1615,70	2,2	1,40
2. Токарная с ЧПУ								
Подрезка торца $D_{01ф}$	2,6	33	0,20	140,90	236	62,5		1,40
Точение поверхности D_{22}	3,0	33	0,20	134,00	237	70,60		1,54
Растачивание отверстия D_{23}	1,2	60	0,15	186,5	512	28,25		0,86
Точение канавки D_{25}	10	33	0,20	86,86	175	235,4		5,5
Растачивание отверстия D_{26}	1,5	33	0,15	186,50	1712	35,30		1,08
3. Фрезерная с ЧПУ								
Сверление отверстий D_{31}	4,0	45	0,20	54,00	2150	283,65	0,1	0,06
Расфрезерование отверстий D_{34}	5,0	60	0,80	25,84	457	240,00	0,9	1,00
Сверление отверстий D_{35}	2,0	45	0,10	8,99	716	55,94	0,007	0,06
Рассверливание отверстий D_{35}	2,1	45	0,10	9,00	699	53,90	0,012	0,01
Нарезание резьбы М5	0,4	20	0,80	3,42	218	204,00	0,05	0,03
4. Фрезерная с ЧПУ								
Сверление отверстий D_{41}	2,5	45	0,50	54,00	3438	149,70	0,04	0,03
Сверление отверстия D_{46}	9,0	45	0,50	54,30	962	81,40	0,60	0,40
5. Фрезерная с ЧПУ								

Фрезерование пазов D_{51}	9,0	60	0,80	17,90	317	240	0,90	0,70
--------------------------------	-----	----	------	-------	-----	-----	------	------

9. Расчет норм времени

Нормирование спроектированного технологического процесса заключается в назначении технически обоснованных норм времени требуемых для выполнения операций. Полученные нормы времени позволяют выполнить дальнейшие расчеты затрат на производство.

Под нормами времени подразумевается расчет штучно-калькуляционного времени выполнения операции, по формуле [5]:

$$t_{шт.к} = T_{шт} + \frac{t_{пз}}{N_d},$$

где $t_{шт}$ -штучное (машинное) время обработки изделия;

$t_{пз}$ - подготовительно-заключительное время, затрачиваемое на подготовку к обработке партии деталей, мин;

N_d - количество деталей в партии, шт;

Формула для нахождения штучного времени [5]:

$$t_{шт} = \sum (t_{осн} + t_{всп}) + t_{т.обс} + t_{о.обс} + t_{отд},$$

где $t_{осн}$ - основное (машинное) время, время непосредственной обработки, мин;

$t_{всп}$ - вспомогательное время, затрачиваемое на вспомогательные действия: наладку оборудования; установку и снятия заготовки; измерение детали и т.д, мин;

$$t_{всп} = 0,25 \cdot t_{осн},$$

$$t_{опер} = \sum (t_{осн} + t_{всп}),$$

$t_{т.обс}$ - время технического обслуживания станка в процессе работы, мин;

$t_{о.обс}$ - время организационного обслуживания, затрачиваемое на подготовку станка в начале смены и на уборку его в конце смены, мин;

$t_{отд}$ - время на отдых и естественные надобности, мин;

$$t_{обс} = t_{т.обс} + t_{о.обс} + t_{отд} = 0,06 \cdot t_{опер},$$

$$t_{\text{осн}} = \frac{L_{\text{р.х.}}}{S \cdot n} = \frac{(l + y + \Delta)i}{S \cdot n},$$

$L_{\text{р.х.}}$ - длина рабочего хода, мм;

S - подача, мм/об;

n - частота вращения шпинделя, об/мин;

l - длина обработки, мм;

y - длина врезания, мм;

Δ - длина перебега, мм;

i - количество рабочих ходов.

Формула для определения длины врезания и перебега:

- при точении [5]:

$$y = t \cdot \operatorname{ctg} \varphi,$$

$$\Delta = t \cdot \operatorname{ctg} \varphi_1,$$

где t - глубина резания, мм;

φ - главный угол в плане, град;

φ_1 - вспомогательный угол в плане, град;

- при сверлении [5]:

$$y = t \cdot \operatorname{ctg} \varphi = 0,5D \cdot \operatorname{ctg} \varphi,$$

$$\Delta = 1..2 \text{ мм},$$

где D - диаметр сверла, мм.

9.1. На первой токарной операции

Значения режимов резания из таблицы 18

Подрезка торца $D_{01\phi}$:

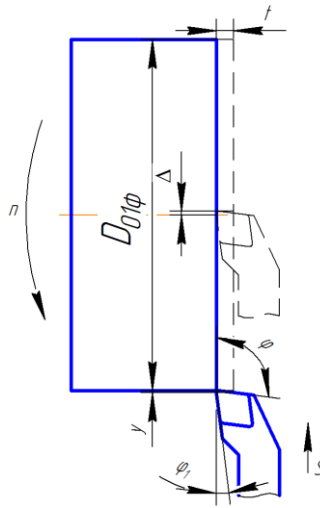


Рис.17 Эскиз 1.1

$$t_{\text{осн1.1}} = \frac{L_{\text{п.х.}}}{S \cdot n} = \frac{(l + y + \Delta)i}{S \cdot n} = \frac{\left(\frac{D_{01\phi}}{2} + t \cdot \text{ctg}\varphi + t \cdot \text{ctg}\varphi_1\right)i}{S \cdot n} =$$

$$= \frac{\left(\frac{190}{2} + 2,01 \cdot \text{ctg}(95) + 2,01 \cdot \text{ctg}(5)\right) \cdot 1}{0,2 \cdot 260} = 1,83 \text{ мин},$$

Значения углов из таблицы 3.

$$t_{\text{всп1.1}} = 0,25 \cdot 1,83 = 0,46 \text{ мин},$$

$$t_{\text{опер1,1}} = t_{\text{осн1.1}} + t_{\text{всп1.1}} = 1,83 + 0,46 = 2,29 \text{ мин},$$

Точение поверхности D_{12} :

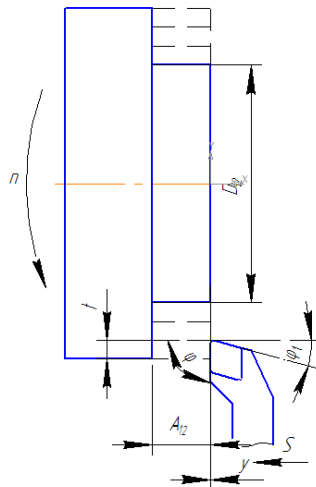


Рис.18 Эскиз 1.2

$$t_{\text{осн1.2}} = \frac{L_{\text{р.х.}}}{S \cdot n} = \frac{l \cdot i}{S \cdot n} = \frac{A_{12} \cdot i}{S \cdot n} =$$

$$= \frac{20 \cdot 12}{0,2 \cdot 341} = 3,53 \text{ мин},$$

$$t_{\text{всп1.2}} = 0,25 \cdot 3,53 = 0,9 \text{ мин},$$

$$t_{\text{опер2,1}} = t_{\text{осн2.1}} + t_{\text{всп2.1}} = 3,53 + 0,9 = 4,43 \text{ мин},$$

Точение поверхности D_{13} :

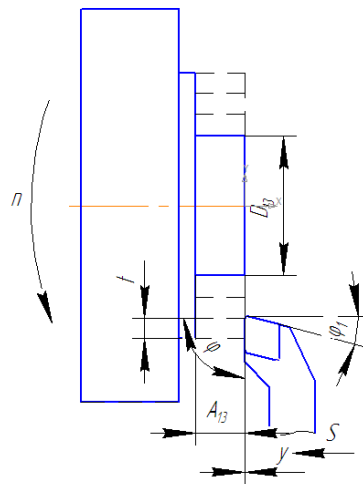


Рис.19 Эскиз 1.3

$$t_{\text{осн1.3}} = \frac{L_{\text{р.х.}}}{S \cdot n} = \frac{(l + y)i}{S \cdot n} = \frac{(A_{13} + t \cdot \text{ctg}\varphi)i}{S \cdot n} =$$

$$= \frac{(15 + 3 \cdot \text{ctg}(95)) \cdot 10}{0,2 \cdot 609} = 1,24 \text{ мин},$$

Значения угла из таблицы 3.

$$t_{\text{всп1.3}} = 0,25 \cdot 1,24 = 0,31 \text{ мин},$$

$$t_{\text{опер3,1}} = t_{\text{осн3.1}} + t_{\text{всп3.1}} = 1,24 + 0,31 = 1,55 \text{ мин},$$

Сверление отверстия $D_{15\phi}$:

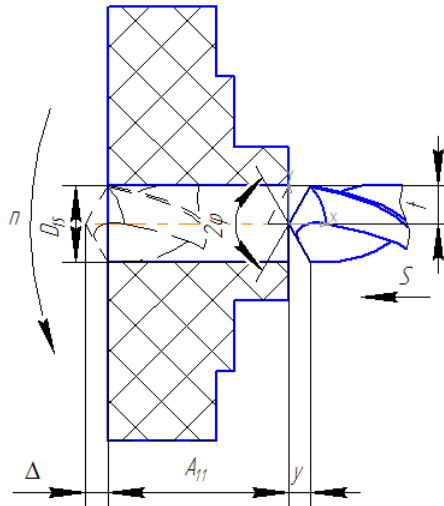


Рис.20 Эскиз 1.4

$$t_{\text{осн1.5}} = \frac{L_{\text{р.х.}}}{S \cdot n} = \frac{(l + y + \Delta)}{S \cdot n} = \frac{(A_{11} + t \cdot \text{ctg} \varphi + 1,5)}{S \cdot n} =$$

$$= \frac{(50 + 15,25 \cdot \text{ctg}(60) + 1,5)}{0,5 \cdot 564} = 0,22 \text{ мин},$$

Значения угла из таблицы 4.

$$t_{\text{всп1.4}} = 0,25 \cdot 0,22 = 0,06 \text{ мин},$$

$$t_{\text{опер1,4}} = t_{\text{осн1,4}} + t_{\text{всп1,4}} = 0,22 + 0,06 = 0,28 \text{ мин},$$

Штучное время первой операции

$$t_{\text{опер1}} = \sum t_{\text{опер}} = 2,29 + 4,43 + 1,55 + 0,28 = 8,55 \text{ мин},$$

$$t_{\text{шт1}} = t_{\text{опер1}} + 0,06 \cdot t_{\text{опер1}} = 8,55 + 0,06 \cdot 8,55 = 9,063 \text{ мин},$$

9.2. На второй токарной операции

Значения режимов резания из таблицы 18

Подрезка торца $D_{01\phi}$:

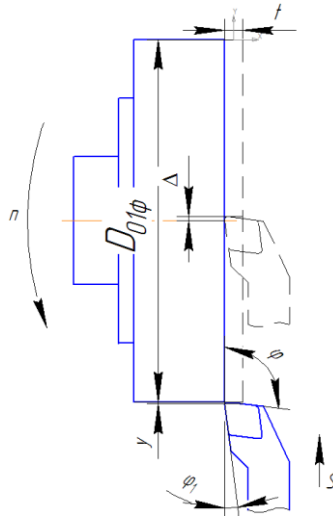


Рис.21 Эскиз 2.1

$$t_{\text{осн2.1}} = \frac{L_{\text{п.х.}}}{S \cdot n} = \frac{(l + y + \Delta)i}{S \cdot n} = \frac{\left(\frac{D_{01\phi}}{2} + t \cdot \text{ctg}\varphi + t \cdot \text{ctg}\varphi_1\right)i}{S \cdot n} =$$

$$= \frac{\left(\frac{190}{2} + 2,01 \cdot \text{ctg}(95) + 2,01 \cdot \text{ctg}(5)\right) \cdot 1}{0,2 \cdot 260} = 1,83 \text{ мин},$$

Значения углов из таблицы 5.

$$t_{\text{всп2.1}} = 0,25 \cdot 1,83 = 0,46 \text{ мин},$$

$$t_{\text{опер2.1}} = t_{\text{осн1.1}} + t_{\text{всп1.1}} = 1,83 + 0,46 = 2,29 \text{ мин},$$

Точение поверхности D_{22} :

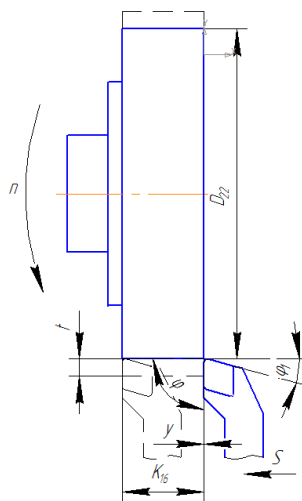


Рис.21 Эскиз 2.2

$$t_{\text{осн2.2}} = \frac{L_{\text{п.х.}}}{S \cdot n} = \frac{(l + y)i}{S \cdot n} = \frac{(K_{16} + t \cdot \text{ctg}\varphi + t \cdot \text{ctg}\varphi_1)i}{S \cdot n} =$$

$$= \frac{(30 + 3 \cdot \operatorname{ctg}(90) + 3 \cdot \operatorname{ctg}(15)) \cdot 3}{0,2 \cdot 237} = 2,61 \text{ мин},$$

Значения угла из таблицы 5.

$$t_{\text{всп}2.2} = 0,25 \cdot 2,61 = 0,65 \text{ мин},$$

$$t_{\text{опер}2,2} = t_{\text{осн}2.2} + t_{\text{всп}2.2} = 2,61 + 0,65 = 3,26 \text{ мин},$$

Растачивание отверстия D_{23} :

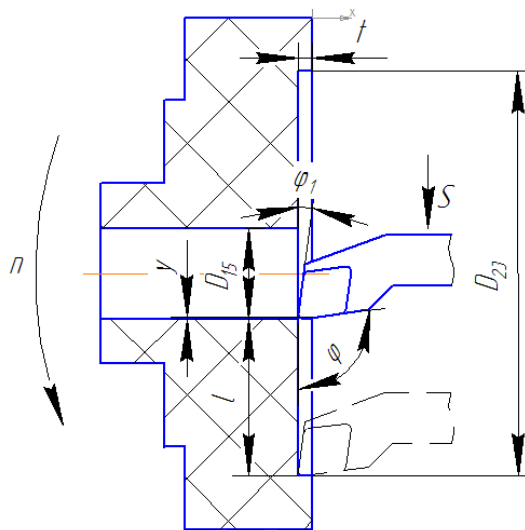


Рис.22 Эскиз 2.3

$$t_{\text{осн}2.3} = \frac{L_{\text{р.х.}}}{S \cdot n} = \frac{(l + y)i}{S \cdot n} = \frac{\left(\frac{D_{23} - D_{15\phi}}{2} + t \cdot \operatorname{ctg}\phi\right)i}{S \cdot n} =$$

$$= \frac{\left(\frac{116 - 32}{2} + 1,2 \cdot \operatorname{ctg}(95)\right) \cdot 1}{0,15 \cdot 512} = 0,55 \text{ мин},$$

Значения угла из таблицы 6.

$$t_{\text{всп}2.3} = 0,25 \cdot 0,55 = 0,1375 \text{ мин},$$

$$t_{\text{опер}2,3} = t_{\text{осн}2,3} + t_{\text{всп}2,3} = 0,55 + 0,1375 = 0,69 \text{ мин},$$

Точение канавки D_{25} :

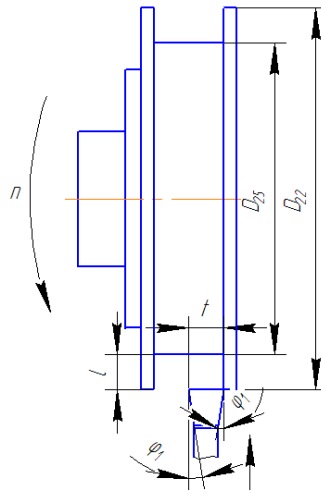


Рис.23 Эскиз 2.4

$$t_{\text{осн}2.4} = \frac{L_{\text{р.х.}}}{S \cdot n} = \frac{l \cdot i}{S \cdot n} = \frac{\left(\frac{D_{22} - D_{25}}{2}\right) i}{S \cdot n} =$$

$$= \frac{\left(\frac{180 - 158}{2}\right) \cdot 2}{0,2 \cdot 175} = 0,63 \text{ мин},$$

Значения угла из таблицы 6.

$$t_{\text{всп}2.4} = 0,25 \cdot 0,63 = 0,16 \text{ мин},$$

$$t_{\text{опер}2.4} = t_{\text{осн}2.4} + t_{\text{всп}2.4} = 0,63 + 0,16 = 0,79 \text{ мин},$$

Растачивание отверстия D_{26} :

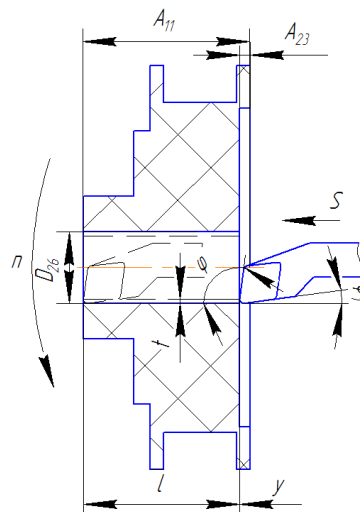


Рис.24 Эскиз 2.5

$$t_{\text{осн2.5}} = \frac{L_{\text{р.х.}}}{S \cdot n} = \frac{(l + y)i}{S \cdot n} = \frac{(A_{11} - A_{23} + t \cdot \text{ctg} \varphi)i}{S \cdot n} =$$

$$= \frac{(50 - 1,2 + 1,5 \cdot \text{ctg}(105)) \cdot 1}{0,15 \cdot 1712} = 0,21 \text{ мин},$$

Значения угла из таблицы 8.

$$t_{\text{всп2.5}} = 0,25 \cdot 0,21 = 0,053 \text{ мин},$$

$$t_{\text{опер2,5}} = t_{\text{осн2,5}} + t_{\text{всп2,5}} = 0,250 + 0,053 = 0,3 \text{ мин},$$

Штучное время второй операции

$$t_{\text{опер2}} = \sum t_{\text{опер}} = 2,29 + 3,26 + 0,69 + 0,79 + 0,3 = 7,33 \text{ мин},$$

$$t_{\text{шт2}} = t_{\text{опер2}} + 0,06 \cdot t_{\text{опер2}} = 7,33 + 0,06 \cdot 7,33 = 7,77 \text{ мин},$$

9.3. На третьей фрезерной операции

Сверление отверстий D_{31}

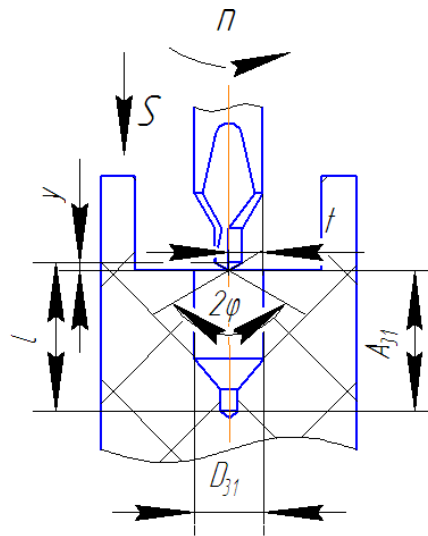


Рис.25 Эскиз 3.1

$$t_{\text{осн3.1}} = \frac{L_{\text{р.х.}}}{S \cdot n} = \frac{(l + y)}{S \cdot n} = \frac{(A_{31} + t \cdot \text{ctg} \varphi)}{S \cdot n} =$$

$$= \frac{12 \cdot (19 + 4 \cdot \text{ctg}(30))}{0,5 \cdot 2150} = 0,3 \text{ мин},$$

Значения угла из таблицы 9.

$$t_{\text{всп}3.1} = 0,25 \cdot 0,30 = 0,075 \text{ мин},$$

$$t_{\text{опер}3.1} = t_{\text{осн}3.1} + t_{\text{всп}3.1} = 0,30 + 0,075 = 0,375 \text{ мин},$$

Расфрезеровывание отверстий D_{34}

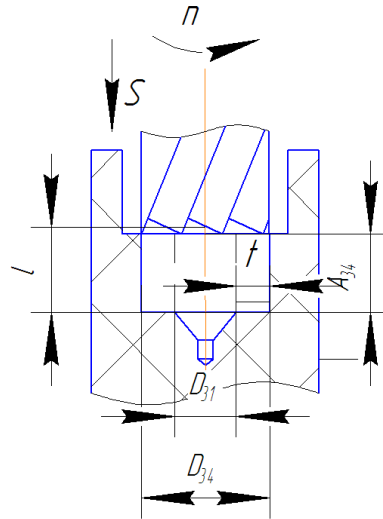


Рис.26 Эскиз 3.2

$$t_{\text{осн}3.2} = \frac{L_{\text{р.х.}}}{S_z n} = \frac{l \cdot i}{S_z n} = \frac{A_{34} \cdot i}{S_z n} = \frac{14 \cdot 12}{0,2 \cdot 457} = 1,84 \text{ мин},$$

$$t_{\text{всп}3.2} = 0,25 \cdot 1,84 = 0,46 \text{ мин},$$

$$t_{\text{опер}3.2} = t_{\text{осн}3.2} + t_{\text{всп}3.2} = 1,84 + 0,46 = 2,3 \text{ мин},$$

Сверление отверстий D_{35}

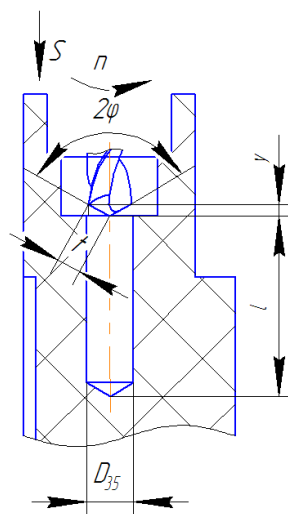


Рис.27 Эскиз 3.3

$$t_{\text{осн3.3}} = \frac{L_{\text{п.х.}}}{S \cdot n} = \frac{3 \cdot (l_1 + l_2 + l_3 + l_4 + 4 \cdot y)}{S \cdot n} = \frac{3 \cdot (A_{36} + A_{37} + A_{38} + A_{39} + 4 \cdot y)}{S \cdot n} =$$

$$= \frac{3 \cdot (42.5 + 34 + 24 + 16 + 4 \cdot (2 \cdot \text{ctg}(60) + 1.5))}{0.1 \cdot 716} = 5.33 \text{ мин},$$

$$t_{\text{всп3.3}} = 0.25 \cdot 5.33 = 1.33 \text{ мин},$$

$$t_{\text{опер3.3}} = t_{\text{осн3.3}} + t_{\text{всп3.3}} = 5.33 + 1.33 = 6.66 \text{ мин},$$

Рассверливание отверстий D_{35}

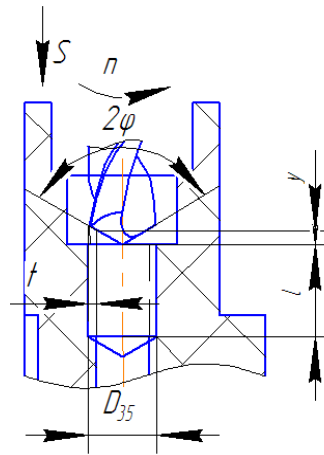


Рис.28 Эскиз 3.4

$$t_{\text{осн3.4}} = \frac{L_{\text{п.х.}}}{S \cdot n} = \frac{(l + y)i}{S \cdot n} = \frac{(A_{3.10} + t \cdot \text{ctg}\varphi)i}{S \cdot n} =$$

$$= \frac{12 \cdot (5 + 2.1 \cdot \text{ctg}(60))}{0.1 \cdot 699} = 1.32 \text{ мин},$$

$$t_{\text{всп3.4}} = 0.25 \cdot 1.32 = 0.33 \text{ мин},$$

$$t_{\text{опер3.4}} = t_{\text{осн3.4}} + t_{\text{всп3.4}} = 1.32 + 0.33 = 1.65 \text{ мин},$$

Нарезание резьбы М5

$$t_{\text{осн3.5}} = \frac{L_{\text{п.х.}}}{S \cdot n} = \frac{l \cdot i}{S \cdot n} = \frac{A_{3.11} \cdot i}{S \cdot n} = \frac{12 \cdot 5}{0.8 \cdot 218} = 0.34 \text{ мин},$$

$$t_{\text{всп}3.5} = 0,25 \cdot 0,34 = 0,09 \text{ мин},$$

$$t_{\text{опер}3.5} = t_{\text{осн}3.5} + t_{\text{всп}3.5} = 0,34 + 0,09 = 0,43 \text{ мин},$$

Штучное время третьей операции

$$t_{\text{опер}3} = \sum t_{\text{опер}} = 0,375 + 2,3 + 6,66 + 1,65 + 0,43 = 11,415 \text{ мин},$$

$$t_{\text{шт}3} = t_{\text{опер}3} + 0,06 \cdot t_{\text{опер}3} = 11,415 + 0,06 \cdot 11,415 = 12,1 \text{ мин},$$

9.4. На четвертой фрезерной операции

Сверление отверстий D_{41}

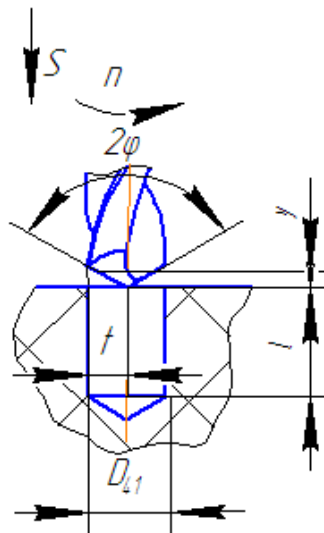


Рис.29 Эскиз 4.1

$$\begin{aligned} t_{\text{осн}4.1} &= \frac{L_{\text{р.х.}}}{S \cdot n} = \frac{12 \cdot (l + y)}{S \cdot n} = \frac{12 \cdot (K_{14} + t \cdot \text{ctg} \varphi + 1,5)}{S \cdot n} = \\ &= \frac{12 \cdot (16 + 2,5 \cdot \text{ctg}(60) + 1,5)}{0,5 \cdot 3438} = 0,13 \text{ мин}, \end{aligned}$$

$$t_{\text{всп}4.1} = 0,25 \cdot 0,13 = 0,033 \text{ мин},$$

$$t_{\text{опер}4.1} = t_{\text{осн}4.1} + t_{\text{всп}4.1} = 0,13 + 0,033 = 0,163 \text{ мин},$$

Сверление отверстия D_{46}

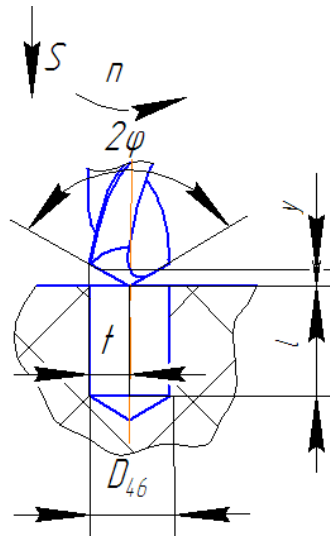


Рис.30 Эскиз 4.2

$$t_{\text{осн4.2}} = \frac{L_{\text{р.х.}}}{S \cdot n} = \frac{(l + y)}{S \cdot n} = \frac{(K_{13} + t \cdot \text{ctg} \varphi + 1,5)}{S \cdot n} =$$

$$= \frac{(15 + 9 \cdot \text{ctg}(60) + 1,5)}{0,5 \cdot 962} = 0,045 \text{ мин},$$

$$t_{\text{всп4.2}} = 0,25 \cdot 0,045 = 0,011 \text{ мин},$$

$$t_{\text{опер4.2}} = t_{\text{осн4.2}} + t_{\text{всп4.2}} = 0,045 + 0,011 = 0,056 \text{ мин},$$

Штучное время четверной операции

$$t_{\text{опер4}} = \sum t_{\text{опер}} = 0,163 + 0,056 = 0,22 \text{ мин},$$

$$t_{\text{шт4}} = t_{\text{опер4}} + 0,06 \cdot t_{\text{опер4}} = 0,22 + 0,06 \cdot 0,22 = 0,23 \text{ мин},$$

9.5. На пятой фрезерной операции

Фрезерование пазов D₅₁

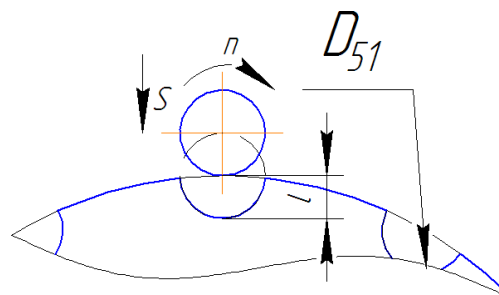


Рис.31 Эскиз 5

$$t_{\text{осн5.1}} = \frac{L_{\text{р.х.}}}{S_z \cdot n} = \frac{l \cdot i}{S_z \cdot n} = \frac{R_{51} \cdot i}{S_z \cdot n} = \frac{9 \cdot 12}{0,2 \cdot 317} = 1,7 \text{ мин},$$

$$t_{всп5.1} = 0,25 \cdot 1,7 = 0,43 \text{ мин},$$

$$t_{опер5.1} = t_{осн5.1} + t_{всп5.1} = 1,7 + 0,43 = 2,13 \text{ мин},$$

Штучное время пятой операции

$$t_{шт5} = t_{опер5.1} + 0,06 \cdot t_{опер5.1} = 2,13 + 0,06 \cdot 2,13 = 2,26 \text{ мин},$$

9.6. Расчет штучно калькуляционного времени

$$\begin{aligned} t_{шт.к} &= T_{шт} + \frac{t_{пз}}{N_d} = (t_{шт1} + t_{шт2} + t_{шт3} + t_{шт4} + t_{шт5}) + \frac{t_{пз}}{N_d} \\ &= (9,063 + 7,77 + 12,1 + 0,23 + 2,26) + \frac{(7 + 7 + 14 + 9 + 9)}{1800} \\ &= 31,4 \text{ мин} \end{aligned}$$

2.Конструкторская часть

2.1 Выбор базовой конструкции приспособления

Делать выходное колесо на торцевой поверхности имеет 12 отверстий разной глубины с резьбой М5. Данные отверстия будут получены на третьей операции на станке Наас VF-3. Для которого будет разработано делительное устройство с оправкой. Благодаря этому устройству станет возможным получение всех 12 отверстий, с заданным шагом, за один установ. Это уменьшит трудоемкость изготовления детали.

2.2 Описание принципа работы

Делительное устройство устанавливается на станину станка при помощи шпонок 12 и крепится к столу болтами. Заготовка устанавливается на оправку 1. После этого в оправку 1 вкручивается винт 14 с быстросъемной шайбой 20, что фиксирует делить в приспособлении. Осуществляется поворот рукоятки 16, двигая палец механизма фиксации 8 в одну из двенадцати втулок 3 на оправке 1. Что лишает деталь возможности повернуться вокруг оси. Идет обработка отверстия. После отодвигается палец 8 и оправка 1 поворачивается на следующую позицию, фиксируется пальцем 8. После обработки всех отверстий разжимается винт 14, снимается шайба 20 и заготовка.

2.3 Силовой расчет приспособления

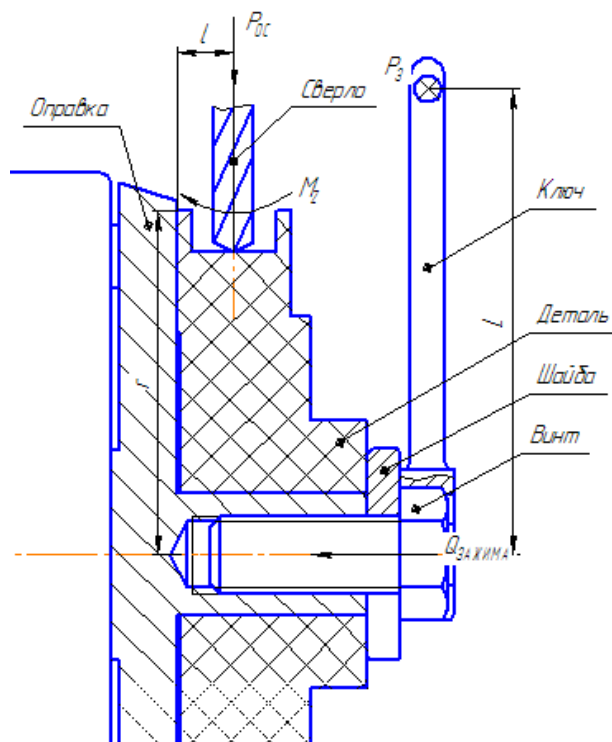


Рис 2.1 Схема для силового расчета

Условие равновесия сил

Максимальный момент возможный провернуть заготовку на оправке, создаваемый силами резаний, должен быть меньше произведения усилия затяжки и радиуса оправки

$$M_z \leq Q_{\text{зжм}} \cdot r,$$

где r - расстояние равное половине максимального диаметра оправки, м;

При сверлении отверстий D_{31} с осевым усилием $P_{oc}=283$ Н, возникает максимальный момент способный провернуть заготовку, рассчитанный по формуле

$$M_z = P_{oc} \cdot l = 283 \cdot 0,015 = 4,245 \text{ Нм},$$

где l – плечо действия силы P_{oc} , м;

Усилие зажима

$$Q_{\text{зжм}} = \frac{P_3 \cdot L}{r_{cp} \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi)},$$

где P_3 - сила приложенная к рукоятке ключа при затягивании, Н;

L – расстояние от оси винта до точки приложения P_3 , м ($L = 14 \cdot d$);

d – наибольший диаметр резьбы, м;

$r_{\text{ср}}$ – средний радиус резьбы, м;

$\alpha = 2^\circ 30' \dots 3^\circ 30'$ – угол подъема в резьбе, град;

φ – угол трения в резьбе, град;

Для болта М20 шаг 1.5мм,

Примем длину ключа из условия $L = 14 \cdot d = 14 \cdot 0,02 = 0,28$ м,

Угол трения

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{f}{\sin(15^\circ)} = \frac{0,12}{\sin(15^\circ)} = 0,464,$$

где f – коэффициент трения;

$$\varphi = \arctg(0,464) = 24,9^\circ,$$

$$Q_{\text{зажима}} = \frac{13 \cdot 0,28}{\frac{0,018376}{2} \cdot \operatorname{tg}(2^\circ 30' + 24,9^\circ)} = 191,2 \text{ Н},$$

Из условия равновесия сил

$$M_z \leq Q_{\text{зажима}} \cdot r,$$

Найдем необходимое расстояние

$$r \geq \frac{M_z}{Q_{\text{зажима}}};$$

$$r \geq \frac{4,245}{191,2};$$

$$r \geq 0,02 \text{ м};$$

Из получившегося неравенства можно сделать вывод, что значение r очень мало. Примем r , которое будет необходимо.

Сборочный чертеж делительного устройства представлен в приложении 1, формата А2. Спецификация на сборочный чертеж, приложение 2.

2.4 Расчет погрешности

При сверлении отверстий

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
8Л21	Абызов Никита Олегович

Институт	ИК	Кафедра	ТАМП
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Машиностроение

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	...
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	...
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	...

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	...
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	...
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	...

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. Альтернативы проведения НИ
4. График проведения и бюджет НИ
5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
-------------------------------------------------------------	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Конотопский Владимир Юрьевич	кандидат наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Л21	Абызов Никита Олегович		

Цель раздела – расчет себестоимости и цены изделия, изготавливаемого согласно разработанному технологическому процессу в типовых производственных условиях.

1. Общие положения

Себестоимость продукции представляет собой интегральную стоимостную оценку используемых при ее изготовлении сырья, материалов, топлива, энергии, трудовых и природных ресурсов, основных средств (оборудование, производственные площади, сооружения), нематериальных активов, а также других затрат на ее производство и реализацию.

При расчете себестоимости используется группировка затрат по статьям калькуляции. Помимо решения комплекса задач технико-экономического анализа и планирования работы предприятия, калькуляция себестоимости единицы продукции необходима для расчета цены и рентабельности продукции. Объектом калькулирования при выполнении ВРК является деталь, изготавливаемая серийно или на однопредметной поточной линии, т. е. в условиях массового производства.

Для промышленных предприятий рекомендуется следующая группировка калькуляционных статей:

1. Сырье и материалы;
2. Покупные комплектующие изделия, полуфабрикаты и услуги производственного характера; (не учитывается, т.к. полуфабрикаты отсутствуют);
3. Возвратные отходы (вычитаются);
4. Топливо и энергия на технологические цели;
5. Основная заработная плата производственных рабочих;
6. Дополнительная заработная плата производственных рабочих;
7. Налоги, отчисления в бюджет и внебюджетные фонды;
8. Расходы на подготовку и освоение производства;
9. Погашение стоимости инструментов и приспособлений целевого назначения;
10. Расходы по содержанию и эксплуатации машин и оборудования;
11. Общецеховые расходы;
12. Технологические потери;
13. Общехозяйственные расходы;
14. Потери от брака;
15. Прочие производственные расходы;

16. Расходы на реализацию.

В зависимости от полноты охвата данных статей на предприятии рассчитываются следующие виды себестоимости:

- цеховая, включающая статьи с 1-й по 12-ю;
- производственная, включающая статьи с 1-й по 15-ю, т.е. исчисляемая как цеховая с добавлением ряда статей, учитывающих затраты, носящие общезаводской характер;
- полная, включающая все 16 статей.

При выполнении ВКР следует опустить статьи:

- расходы на подготовку и освоение производства, т.к. задание на ВКР не предполагает подготовку нового вида продукции;
- технологические потери, т.к. они не характерны для разрабатываемых процессов;
- потери от брака, т.к. они не учитываются в плановых и нормативных калькуляциях;
- прочие производственные расходы, т.к. они связаны со спецификой производства на конкретных предприятиях.

2. Расчет затрат по статье «Сырье и материалы»

Статья включает стоимость основных материалов, входящих непосредственно в состав изготавливаемого изделия (детали), а также вспомогательных материалов, используемых на технологические цели. Стоимость материалов определяется по нормам их расхода и ценам приобретения с учетом наценок и надбавок на единицу материала в натуральном выражении. Транспортно-заготовительные расходы прибавляются к стоимости сырья, материалов, а также покупных изделий, полуфабрикатов и топлива.

Затраты на основные материалы для каждого (*i*-го) вида в отдельности рассчитываются по формуле [14]

$$C_{\text{мо}i} = w_i \cdot \Pi_{\text{м}i} \cdot (1 + k_{\text{тз}})$$

где w_i – норма расхода материала *i*-го вида на изделие (деталь), кг/ед;

$\Pi_{\text{м}i}$ – цена материала *i*-го вида, ден. ед./кг., $i = 1$;

$k_{\text{тз}}$ – коэффициент транспортно-заготовительных расходов ($k_{\text{тз}} = 0,06$).

Цена материалов Π_i принимается на основе прейскурантной (оптовой) цены, см. прил. 1 [14].

Расчет нормы расходного материала

$$w = Vp = \pi \cdot \left(\frac{D_{01}^{cp}}{2}\right)^2 \cdot A_{01}^{cp} \cdot p = 3,14 \cdot \left(\frac{0,1934}{2}\right)^2 \cdot 0,05695 \cdot 1160 = 1,9 \text{ кг},$$

где V - объем заготовки, м^3 ;

p - плотность полиацетала [5], $p = 1,41 \frac{\text{г}}{\text{см}^3} = 1160 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$;

Примем цену материала из каталога [16] $\Pi_{mi} = 1800 \frac{\text{руб}}{\text{кг}}$, с учетом НДС;

Тогда затраты на основной материал будут равны

$$C_{moi} = 1,9 \cdot 1800 \cdot (1 + 0,06) = 3625,2 \text{ руб},$$

Расчет затрат на вспомогательные материалы каждого (j -го) вида C_{mbj} выполняется по формуле

$$C_{mbi} = H_{mbi} \cdot \Pi_{mbi} \cdot (1 + k_{тз}),$$

где H_{mbj} – норма расхода j -го вспомогательного материала на изделие (деталь), кг;

Π_{mbj} – цена j -го вспомогательного материала, ден. ед./кг.

При отсутствии данных для расчета по формуле можно приближенно принять

$$C_{mb} = C_{mo} \cdot 0,02 = 3625,2 \cdot 0,02 = 72,5 \text{ руб},$$

Полные затраты, включаемые в данную статью, равны сумме

$$C_m = C_{mo} + C_{mb} = 3625,2 + 72,5 = 3697,7 \text{ руб}.$$

3. Расчет затрат по статье «Покупные комплектующие и полуфабрикаты»

Данная статья не применяется для калькулирования . Разработанный технологический процесс не предусматривает приобретение полуфабрикатов.

4. Расчет затрат по статье «Возвратные изделия и полуфабрикаты»

Данная статья включает стоимость отходов по цене их реализации на сторону, данная величина исключается из производственной себестоимости продукции. Расчет выполняется по формуле

$$C_{от} = M_{от} \cdot C_{от} = (B_{чр} - B_{чст}) \cdot (1 - \beta) \cdot C_{от},$$

где $M_{от}$ – количество отходов в физических единицах, получаемых при изготовлении единицы продукции, кг;

$C_{от}$ – цена отходов, руб. Значения взяты из [17] $C_{от} = 4 \frac{\text{руб}}{\text{кг}}$;

$B_{чр}$ – масса заготовки, кг;

$B_{чст}$ – чистая масса детали, кг;

β – доля безвозвратных потерь (принять 0,02),

И равно:

$$C_{от} = (1,9 - 1,5) \cdot (1 - 0,02) \cdot 4 = 1,568 \text{ руб},$$

5. Расчет затрат по статье «Топливо и энергия на технологические цели»

На данную статью относится стоимость электроэнергии, затрачиваемой на технологические цели.

Расчет ведется по формуле

$$C_{тэ} = C_{тэ} \cdot P_{тэ} \cdot (1 + k_{тэ}),$$

где $C_{тэ}$ – тариф единицы ресурса, руб;

$P_{тэ}$ – расход энергии на единицу продукции, кВт;

$k_{тэ}$ – коэффициент транспортно-заготовительных расходов ($k_{тэ}=0,05$);

Расход энергии равен сумме затрачиваемой мощности всех переходов умноженной на штучное время. Данные для расчета потребляемой мощности взяты из раздела «расчеты режимов резания»,

$$\begin{aligned} P_{тэ} &= 0,7 \cdot 1,7 + 0,4 \cdot 0,045 + 0,024 \cdot 0,13 + 0,03 \cdot 0,34 + 0,007 \cdot 1,32 + \\ &0,0617 \cdot 5,33 + 1 \cdot 1,84 + 0,0617 \cdot 0,3 + 1,08 \cdot 0,21 + 0,86 \cdot 0,015 + 0,86 \cdot \\ &0,015 + 1,54 \cdot 2,61 + 1,4 \cdot 1,83 + 1,4 \cdot 0,22 + 1,5 \cdot 1,24 + 1,5 \cdot 3,53 = \\ &17,7 \text{ кВт} \cdot \text{ч} = 6,19 \text{ кВт} \cdot \text{ч}, \end{aligned}$$

Тариф на электроэнергию взят на сайте [17] $C_{тэ} = 5,1 \text{ руб/кВтч}$;

Тогда

$$C_{тэ} = 5,1 \cdot 6,19 \cdot (1 + 0,05) = 33,15 \text{ руб},$$

6. Расчет затрат по статье «Основная заработная плата производственных рабочих»

В данную статью включаются затраты на оплату труда рабочих, непосредственно связанных с изготовлением продукции. Расчет следует произвести по формуле

$$C_{\text{озп}} = \sum_{i=1}^{K_0} \frac{t_i^{\text{шт.к}}}{60} \cdot \text{ЧТС}_i \cdot k_{\text{пр}},$$

где $t_i^{\text{шт.к}}$ – штучное время выполнения i -й операции, мин;

K_0 – количество операций в процессе;

ЧТС_i – часовая тарифная ставка на i -й операции из таблицы [14], для 4го разряда,

$k_{\text{пр}}$ – коэффициент, учитывающий доплаты, выплаты и премии, предусмотренные законодательством о труде. При проектировании следует принять его равным 1,4.

$$C_{\text{озп}} = \frac{9,063+6,254+12,1+0,23+2,26}{60} \cdot 82,96 \cdot 1,4 = 57,89 \text{ руб.},$$

7. Расчет затрат по статье «Дополнительная заработная плата производственных рабочих»

В данной статье учитываются предусмотренные законодательством о труде выплаты за непроработанное на производстве время: оплата очередных, дополнительных и учебных отпусков; оплата времени, связанного с прохождением медицинских осмотров и выполнением государственных обязанностей и т.п. Расчет дополнительной зарплаты выполняется по формуле

$$C_{\text{дзп}} = C_{\text{озп}} \cdot k_{\text{д}},$$

где $C_{\text{озп}}$ – основная зарплата, руб.;

$k_{\text{д}}$ – коэффициент, учитывающий дополнительную зарплату. При проектировании следует принять его равным 0,1.

$$C_{\text{дзп}} = 57,89 \cdot 0,1 = 5,789 \text{ руб.},$$

8. Расчет затрат по статье «Налоги, отчисления в бюджет и внебюджетные фонды»

Сюда включаются отчисления по установленным законодательством нормам в пенсионный фонд, в фонд социальной защиты населения, на обязательное медицинское страхование, на другие социальные нужды. Затраты по данной статье выполняются по формуле

$$C_{\text{н}} = (C_{\text{озп}} + C_{\text{дзп}}) \cdot (C_{\text{с.н.}} + C_{\text{стр}}) / 100,$$

где $C_{\text{озп}}$ – основная зарплата производственных рабочих, руб.;

$C_{\text{дзп}}$ – дополнительная зарплата производственных рабочих, руб.;

$C_{\text{с.н.}}$ – ставка социального налога (принять 30 %);

$C_{\text{стр}}$ – ставка страховых взносов по прочим видам обязательного страхования (принять 0,7%);

$$C_{\text{н}} = (57,98 + 5,789) \cdot \frac{30+0,7}{100} = 19,58 \text{ руб.}$$

9. Расчет затрат по статье «Погашение стоимости инструментов и приспособлений целевого назначения»

В данной статье отражается переносимая на изделие в процессе его изготовления стоимость специальных инструментов и приспособлений, а также моделей, кокилей, опок, штампов и пресс-форм, предназначенных для производства строго определенных изделий. Расчет выполняется по специальной упрощенной методике. При выполнении ВКР эта статья рассчитывается только в том случае, если разрабатываемый технологический процесс предусматривает изготовление специальной оснастки. Затраты на оснастку общего назначения принято относить на следующую статью калькуляции.

10. Расчет затрат по статье «Расходы по содержанию и эксплуатации машин и оборудования»

Эта статья является комплексной и включает следующие виды расходов:

- а.** амортизация оборудования и ценного инструмента (оснастки), обозначение $C_{\text{а}}$;
- б.** эксплуатация оборудования (кроме расходов на ремонт);
- с.** ремонт оборудования;

- d. внутризаводское перемещение грузов;
- e. погашение стоимости инструментов и приспособлений общего назначения;
- f. прочие расходы.

Элемент «а». Амортизация оборудования определяется на основе норм амортизации и балансовой стоимости соответствующего оборудования, для расчета ее годовой величины используется следующая формула

$$A_{\text{год}} = \sum_{i=1}^T \Phi_i \cdot N_{ai} + \sum_{j=1}^m \Phi_j \cdot N_{aj},$$

где Φ_i – первоначальная (балансовая) стоимость единицы оборудования i -го типа, $i = 1, \dots, T$;

T – количество типов используемого оборудования;

Φ_j – то же для j -го типа оснастки $j=1, \dots, m$;

m – количество типов используемой оснастки;

$N_{обi}$ и $N_{оснj}$ – соответствующие нормы амортизации.

$$\Phi_{16\kappa 20\phi 3} = 1300 \text{ т.руб}$$

$$\Phi_{\text{Haas VF-3}} = 5380 \text{ т.руб [20]}$$

$$\Phi_{\text{тк.патрон}} = 11420 \text{ руб}$$

$$\Phi_{\text{длт.устр}} = 75790 \text{ руб}$$

$$\Phi_{\text{оправкафрез}} = 5110 \text{ руб}$$

$$\Phi_{\text{цанговый патрон}} = 3880 \text{ руб}$$

Норма амортизации в общем виде определяется по формуле

$$N_a = \frac{1}{T_{\text{ти}}}$$

$$N_{a.\text{Haas VF-3}} = N_{a.16\kappa 20\phi 3} = \frac{1}{10} = 0,1$$

$$N_{a.\text{оправкафрез}} = N_{a.\text{цанговый патрон}} = N_{a.\text{длт.устр}} = N_{a.\text{тк.патрон}} = \frac{1}{3} = 0,3$$

где $T_{\text{ти}}$ – срок полезного использования, лет, принимаемый из прил. 4[15]

$$A_{\text{год}} = 1300000 \cdot 0.1 + 5380000 \cdot 0.1 + 0.3 \cdot (11420 + 75790 + 5110 + 3880) = 696860 \text{ руб},$$

Ожидаемая средняя загрузка используемого оборудования определяется с помощью величины

$$l_{\text{кр}} = \frac{N_{\text{в}} \sum_{i=1}^P t_i^{\text{штк}}}{\sum_{i=1}^P F_i},$$

где $N_{\text{в}}$ – годовой объем выпуска изделия (детали), шт.;

P – количество операций в технологическом процессе;

$t_i^{\text{шт.к}}$ – штучно-калькуляционное время на i -й операции процесса, $i = 1, \dots, P$;

F_i – действительный годовой фонд времени работы оборудования, используемого на i -й операции с учетом принятого количества рабочих смен.

Для металлорежущих станков 1–30 категорий ремонтной сложности при двухсменном режиме работы $F_i = 4029$ часов, при более высокой сложности – 3904 часа.

$$l_{\text{кр}} = \frac{1800 \cdot \frac{9.063 + 6,254 + 12,1 + 0,23 + 2,26}{60}}{4029} = 0,22,$$

Так как, получившиеся $l_{\text{кр}} < 0,6$, то

$$C_a = \left(\frac{A_{\text{год}}}{N_{\text{в}}} \right) \cdot \left(\frac{l_{\text{кр}}}{\eta_{\text{з.н.}}} \right) = \left(\frac{696860}{1800} \right) \cdot \left(\frac{0,22}{0,85} \right) = 100,2 \text{ руб},$$

где $\eta_{\text{з.н.}}$ – нормативный коэффициент загрузки оборудования. В зависимости от типа производства для него следует принять значения: массовое и крупносерийное – 0,7; среднесерийное – 0,8; мелкосерийное – 0,85.

Элемент «б» (эксплуатация оборудования) включает в себя:

- полные затраты на содержание (основная зарплата + дополнительная зарплата + все виды отчислений) рабочих занятых обслуживанием машин и оборудования (слесарей, наладчиков, электромонтеров и др. категорий), непосредственно не занятых изготовлением продукции; Принимается в размере 40 % от полной зарплаты и отчислений от нее основных рабочих, занятых изготовлением данной продукции, т.е.

$$\begin{aligned} C_{\text{экс}} &= (C_{\text{озп}} + C_{\text{дзп}} + C_{\text{н}}) \cdot 0,4 = \\ &= (57,98 + 5,789 + 19,58) \cdot 0,4 = 33,34 \text{ руб}, \end{aligned}$$

- стоимость материалов, расходуемых для обеспечения работы оборудования, принимается в размере 20% от величины амортизации, т.е.

$$C_{\text{мэкс}} = C_a \cdot 0,2 = 100,2 \cdot 0,2 = 20,04 \text{ руб.}$$

- затраты на все виды энергии и воду, потребляемые в процессе работы оборудования. В ВКР учитываются только затраты на электроэнергию по формуле

$$C_{\text{эл.п}} = C_{\text{э}} \cdot K_{\text{п}} \cdot \sum_{i=1}^P W_i \cdot K_{\text{ми}} \cdot t_i^{\text{маш}},$$

где $C_{\text{э}}$ – тариф на электроэнергию ден. ед. / кВт.ч.;

$K_{\text{п}}$ – коэффициент, учитывающий потери мощности в сети (1,05);

W_i – мощность электропривода оборудования, используемого на i -й операции;

$K_{\text{ми}}$ – коэффициент загрузки оборудования по мощности;

$$\begin{aligned} \sum W_i t_i^{\text{маш}} &= 11/60(1,83 + 3,53 + 1,12 + 0,22 + 1,83 + 2,61 + 0,015 \\ &+ 0,015 + 0,21) + 22,4/60(0,3 + 1,84 + 5,33 + 1,32 + 0,34 + 0,13 + 0,045 \\ &+ 1,7) = 6,2 \text{ кВт} \cdot \text{ч} \end{aligned}$$

Тогда

$$C_{\text{эл.п}} = 5,10 \cdot 1,05 \cdot 6,2 \cdot 0,6 = 19,9 \text{ руб.}$$

Элемент «с» (ремонт оборудования) включает затраты на заработную плату и отчисления от нее в бюджет и внебюджетные фонды для рабочих, занятых ремонтом оборудования; затраты на материалы, потребляемые в процессе выполнения ремонтных работ; услуги ремонтных цехов предприятия и сторонних организаций. Они определяются укрупнено на основе норматива затрат – 100% от основной зарплаты основных производственных рабочих, т.е.

$$C_{\text{рем}} = C_{\text{озп}} \cdot 1,0 = 57,98 \cdot 1,0 = 57,98 \text{ руб.}$$

Элемент «d» (перемещение грузов) включает расходы на содержание и эксплуатацию транспортных средств: стоимость горючего, запчастей, смазочных и прочих материалов, оплату труда занятых на транспортных операциях рабочих, стоимость транспортных услуг других подразделений предприятия и сторонних организаций. При выполнении ВКР эти затраты допускается не учитывать, т.к. это потребовало бы дополнительных данных о

производственном процессе, а их доля в себестоимости как правило невелика (менее 1%).

Элемент «е» (погашение стоимости инструментов и ...), в эту группу включаются все виды технологического оснащения универсального характера со сроком службы менее одного года. Расчет производится по формуле

$$C_{\text{ион}} = \frac{(1 + k_{\text{тз}}) \cdot \sum_{i=1}^P C_{\text{и}} \cdot t_{\text{рез.и}} \cdot m_i}{T_{\text{ст.и.}} \cdot n_i},$$

где $C_{\text{и}i}$ – цена инструмента, используемого на i -й операции, $i = 1, \dots, P$;

$t_{\text{рез.и}}$ – время работы инструмента, применяемого на i -й операции, мин.;

m_i – количество одновременно используемых инструментов, ($m_i=1$);

$T_{\text{ст.и.и}}$ – период стойкости инструмента (время резания между переточками), мин., (см. прил. 5);

n_i – возможное количество переточек (правок) инструмента, для отогнутых резцов 4;

$k_{\text{тз}}$ – коэффициент транспортно-заготовительных расходов ($k_{\text{тз}}=0,06$).

Таблица

Наименование инструмента	Время работы, мин	Стойкость, мин	Цена, руб	$\frac{C_{\text{и}} \cdot t_{\text{рез.и}} \cdot m_i}{T_{\text{ст.и.}} \cdot n_i}$
Сверло центровочное 8,0 мм Р6М5 тип С	0,3	45	153,3	1,02
Сверло 30,5 мм Р6М5, конический хвостовик	0,22	45	502,4	2,46
Сверло 4,0 x 119 мм Р6М5, цилиндрический хвостовик	3,03	45	154,5	10,40
Сверло 4,0 x 75 мм Р6М5, цилиндрический хвостовик	2,3	45	134,6	6,88
Сверло 4,2 мм Р6М5, цилиндрический хвостовик	1,32	45	103,2	3,03
Сверло 5 мм Р6М5, цилиндрический хвостовик	0,13	45	120,5	0,35
Сверло 18 мм Р6М5, конический хвостовик	0,045	45	280,6	0,28
Фреза концевая 8,0 мм, Р6М5, цельная, 4-перая, цилиндрический хвостовик	1,84	60	333,6	10,23
Фреза концевая 19,0 мм, Р6М5, цельная, 4-перая, конический хвостовик	2,13	60	667,2	23,69

Резец подрезной отогнутый ВК8 25 × 16 × 140 мм	11,04	33	52,7	4,04
Резец подрезной отогнутый ВК8 32 × 16 × 170 мм	0,235	33	87,6	0,16
Резец отрезной 16 × 10 Т5К10	0,015	33	33,55	0,02
Метчик м/р М 5,0 × 0,8	0,34	20	32,23	0,55

$$C_{\text{ион}} = (1 + 0,06) \cdot (1,02 + 2,46 + 10,40 + 6,88 + 3,03 + 0,35 + 0,28 + 10,23 + 23,69 + 4,04 + 0,16 + 0,02 + 0,55) = 66,9 \text{ руб},$$

Элемент «ф» (прочие расходы) включает такие затраты, которые не вошли в состав вышеперассмотренных элементов. При выполнении ВКР они **не рассчитываются**.

11. Расчет затрат по статье «Общехозяйственные расходы»

Данная статья учитывает затраты на содержание руководителей и специалистов аппарата управления цехом; амортизацию и затраты на содержание и ремонт зданий, сооружений и инвентаря общехозяйственного назначения; затраты на мероприятия по обеспечению нормальных условий труда и техники безопасности и другие расходы цеха, связанные с управлением и обслуживанием производства. Общехозяйственные расходы распределяются между выпускаемыми изделиями пропорционально основной зарплате производственных рабочих с помощью нормативного коэффициента $k_{\text{оц}}$, рассчитываемого отдельно по каждому цеху. При отсутствии конкретных заводских данных его следует принять равным 50 – 80 %, от основной заработной платы производственных рабочих, т.е.

$$C_{\text{оп}} = C_{\text{озп}} \cdot k_{\text{оп}} = 57,98 \cdot 0,8 = 46,384 \text{ руб},$$

12. Расчет затрат по статье «Технологические потери»

К данной статье относится стоимость полуфабрикатов, деталей, сборочных единиц изделий, не соответствующих нормативной документации при условии, что это несоответствие возникает вследствие неполного знания физических и химических процессов, несовершенства технологического оборудования и измерительной аппаратуры. Такие потери предусматриваются технологическим процессом. Они допускаются в электронном, оптико-механическом, литейном, кузнечном, термическом, гальваническом и некоторых других производствах. При выполнении ВКР статья не рассчитывается.

13. Расчет затрат по статье «Общехозяйственные расходы»

На данную статью относятся затраты по общему управлению предприятием, не связанные непосредственно с процессом производства и включающие в себя затраты на содержание административно-управленческого персонала; амортизационные отчисления и расходы на содержание и ремонт основных средств управленческого и общехозяйственного назначения (офисного оборудования, зданий и сооружений); расходы на отопление, освещение и оплату предприятия; плату за воду и землю и т.д. Расчет производится с помощью коэффициента $k_{\text{ох}}$, устанавливающего нормативное соотношение между величиной данных затрат и основной зарплатой производственных рабочих. Рекомендуемое значение $k_{\text{ох}} = 0,5$, т.е.

$$C_{\text{ох}} = C_{\text{озп}} \cdot k_{\text{ох}} = 57,98 \cdot 0,5 = 28,99 \text{ руб,}$$

14. Расчет затрат по статье «Потери брака»

Статья учитывает стоимость окончательно забракованной продукции, а также затраты по исправлению брака, она учитывается только в отчетных калькуляциях. В ВКР эти затраты не рассчитываются.

15. Расчет затрат по статье «Прочие производственные расходы»

На данную статью относятся непредвиденные расходы, расходы на гарантийное обслуживание продукции и др. В ВКР эти затраты также не рассчитываются.

16. Расчет затрат по статье «Расходы на реализацию»

Статья включает затраты, связанные с реализацией изготовленной продукции: на хранение и упаковку на складах готовой продукции; на доставку продукции на станции и в порты отправления; на рекламу и сбытовую сеть; на комиссионные сборы посреднических организаций и пр. Данные расходы рекомендуется принять равными 1% от производственной себестоимости, т.е. от суммы затрат по всем предыдущим статьям.

$$C_{\text{рлз}} = \sum C_i \cdot 0.01 = (3697,7 - 1,568 + 33,15 + 57,89 + 5,789 + \\ + 19,58 + 100,2 + 33,34 + 20,04 + 19,9 + 57,98 + 66,9 + 46,384 + \\ + 28,992) \cdot 0,01 = 41,86 \text{ руб,}$$

17. Расчет прибыли

Прибыль от реализации изделия в зависимости от конкретной ситуации может определяться различными способами. Если исполнитель работы не располагает данными для применения «сложных» методов, то прибыль следует принять в размере 5÷20 % от полной себестоимости проекта.

$$П = \sum C_{\text{полн}} \cdot 0.15 = (3697,7 - 1,568 + 33,15 + 57,89 + 5,789 + \\ + 19,58 + 100,2 + 33,34 + 20,04 + 19,9 + 57,98 + 66,9 + 46,384 + \\ + 28,992 + 41,54) \cdot 0,15 = 634,17 \text{ руб,}$$

$$C_{\text{полн}} = 4227,817 \text{ руб,}$$

18. Расчет НДС

$$\text{НДС} = (C_{\text{полн}} + П) \cdot 0,18 = (4227,817 + 634,17) \cdot 0,18 = 875 \text{ руб,}$$

19. Цена изделия

Цена равна сумме полной себестоимости, прибыли и НДС.

$$\text{Цена} = C_{\text{полн}} + П + \text{НДС} = 4227,817 + 634,17 + 875 = 5736,987 \text{ руб,}$$

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
8Л21	Абызову Никите Олеговичу

Институт	ИК	Кафедра	ТАМП
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Машиностроение

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования и области его применения	Объектом исследования является деталь «выходное колесо». Это элемент конвейерной линии, отвечающая за перемещение дефектных изделий в бункер для брака. В данном разделе будет рассмотрена социальная ответственность при производстве и проектировании изделия.
-----------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Производственная безопасность 1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения 1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения	Вредные факторы, влияющие на работу проектировщика: монотонность труда, отклонение показателей микроклимата, недостаточная освещенность рабочей зоны, повышенный уровень шума на рабочем месте, повышенный уровень вибрации, повышенный уровень электромагнитных излучений, повышенная или пониженная ионизация воздуха. Опасные факторы: повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека, повышенная температура поверхностей оборудования, материалов, возможно механическое травмирование.
2. Экологическая безопасность	По возможности отправлять отходы (стружку, брак и т.д.) на переплавку; бытовой, строительный мусор – на сжигание.
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	Возможные ЧС на объекте: пожары, землетрясения.
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	Соблюдение законов (налоговое законодательство, трудовой и гражданский кодексы).

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Мезенцева Ирина Леонидовна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Л21	Абызов Никита Олегович		

Аннотация

Данный раздел будет посвящен технике безопасности и охране труда в производственном помещении, правилам эксплуатации помещения, как при возникновении опасной ситуации, так и при ЧС. А также будет проведен анализ вредных и опасных факторов и их воздействие на человека, что позволит определить средства индивидуальной и коллективной защиты, и решить вопросы обеспечения безопасности в целом, как для помещения, так и для организации в целом.

Введение

Объектом выпускной квалификационной работы является проектирование процесса изготовления «выходного колеса», вся исследовательская работа выполнена на компьютере. Однако будут рассмотрены вредные факторы, воздействующие и на проектировщика и на рабочего, занимающегося производством делатели.

На проектировщика возможны действия следующих вредных и опасных факторов монотонность труда, отклонение показателей микроклимата, недостаточная освещенность рабочей зоны, повышенный уровень шума на рабочем месте, повышенный уровень электромагнитных излучений, повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека, повышенная температура поверхностей оборудования, механическое травмирование. Воздействие этих факторов может привести к заболеванию и снижению производительности труда.

Воздействие опасных производственных факторов может привести к травме или внезапному резкому ухудшению здоровья. Это действие электрического тока, движущиеся машины, механизмы и т.д.

4.1. Производственная безопасность

Основными опасными фактором являются:

- опасность поражения электрическим током. Исходя из анализа состояния помещения, данное помещение по степени опасности поражения электрическим током можно отнести к классу помещений без повышенной опасности;
- повышенный уровень статического электричества, связанный с работой за компьютером или установкой;
- механический фактор, возникающий в результате движения машин и оборудования, а так же подъемно-транспортных устройств.

Таблица 1. Основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы

Наименование видов работ и параметров производственного процесса	Ф а к т о р ы (ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Составление технологического процесса.	Психо-физиологические (эмоциональные стрессы)	Физические (повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека)	ГОСТ 12.1.030-81, ГОСТ 12.1.038-82
	Физические (превышение уровней электромагнитных и ионизирующих излучений, недостаточная освещенность рабочей зоны).	Физические (статическое электричество)	СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03, СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03
Контроль выполнения работ в время производства	Физические (превышение уровня шума и вибраций).	Физические (Движущиеся машины и механизмы производственного оборудования (в т.ч. грузоподъемные)	ГОСТ 12.1.003–83, ГОСТ 12.1.012–90

Работу сотрудника за компьютером, можно отнести к категории работ Ia (работы с интенсивностью энергозатрат до 120 ккал/ч, производимые сидя и сопровождающиеся незначительным физическим напряжением). Согласно СанПиН 2.2.4.548-96 «гигиенические требования к микроклимату производственных помещений», оптимальная температура воздуха на рабочих местах в холодный период года, должна находиться в диапазоне 22-24°С, в теплый период года 23-25°С. Перепады температур воздуха в течении смены при обеспечении оптимальных величин микроклимата на рабочих местах не должны превышать 2°С. Относительная влажность воздуха в диапазоне 60-40%. Оптимальная скорость движения воздуха 0,1 м/с. Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений в холодный период года: температура воздуха в диапазоне ниже оптимальных величин 20,0-21,9°С, в диапазоне выше оптимальных величин 24,1-25,0°С. Температура поверхностей 19,0-26,0°С. Относительная влажность воздуха 15-75%, при температуре воздуха на рабочих местах до 25°С. Скорость движения воздуха не более 0,1 м/с. Допустимые величины показателей микроклимата на

рабочих местах производственных помещений в теплый период года: температура воздуха в диапазоне ниже оптимальных величин 21,0-22,9°C, в диапазоне выше оптимальных величин 25,1-28,0°C. Температура поверхностей 20,0-29,0°C. Относительная влажность воздуха 15-75%, при температуре воздуха на рабочих местах до 25°C. Скорость движения воздуха не более 0,1 м/с. При температурах воздуха 25°C и выше максимальные величины относительной влажности воздуха должны приниматься в соответствии с требованиями п. 6.5. СанПиН 2.2.4.548-96. При температурах воздуха 26-28°C скорость движения воздуха в теплый период года должна приниматься в соответствии с требованиями п. 6.6. СанПиН 2.2.4.548-96. Интенсивность теплового излучения от нагретых поверхностей, осветительных приборов не должна превышать 35 Вт/м².

Для обеспечения комфортных метеоусловий, описанных в данном разделе, необходима установка системы местного кондиционирования воздуха, а так же воздушное душирование. Немаловажным фактором, влияющим на метеоусловия, является соответствие нормам площадь и объем рабочего помещения.

Превышение уровня шума

Таблица 2. Допустимые уровни шумов

[ГОСТ 12.1.003-83]

Вид трудовой деятельности, рабочие места	Уровни звукового давления, дБ, в составных полосах со среднестатистическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Конструирование и проектирование: конструкторское бюро	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50
Выполнение всех видов работ на местах в производственных помещениях	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

Под воздействием шума, превышающего 85-90 дБА, снижается слуховая чувствительность. Сильный шум вредно отражается на здоровье и

работоспособности людей. Человек, работая при шуме, привыкает к нему, но продолжительное действие сильного шума вызывает общее утомление, может привести к ухудшению слуха.

Для снижения шума можно использовать следующие методы:

1. уменьшение шума в источнике;
2. изменение направленности излучения;
3. рациональная планировка предприятий и цехов;
4. акустическая обработка помещений;
5. уменьшение шума на пути его распространения.

В качестве СИЗ применяются (наушники, шлемы, заглушки), обеспечивающих ослабление шума до уровней, не превышающих допустимой нормы.

Недостаточная освещенность рабочей зоны.

Освещение является важным фактором в производстве, оказывающим существенное влияние на человека, производительность и безопасность его труда, а также психологическое состояние.

При работе за персональным компьютером и документацией допускается комбинирование освещения. Местное освещение должно располагаться ниже или на уровне линии зрения работника. Освещение должно быть организовано таким образом, чтобы обеспечить оптимальные соотношения яркости рабочих и окружающих поверхностей.

Согласно СанПиН 2.2.1/1278-03 и СНиП 23-05-95 можно установить нормы естественной и искусственной освещенности в помещениях.

Искусственная освещенность в зоне документов должна быть в диапазоне 300-500 лк, а при работе исключительно с экраном 300 лк. Искусственное освещение располагается так, чтобы обеспечить хорошую видимость на мониторе компьютера.

Коэффициент естественной освещенности (КЕО) должен быть не ниже 1,2 % при работе с экраном и не ниже 1,5 % при работе с документами на рабочем столе. Также одним из нормируемых показателей является коэффициент пульсации (K_p), он не должен превышать 10%.

Повышенный уровень вибрации

Вибрация в макросистеме представляет собой возвратно-поступательные движения твердого тела. Источниками вибрации на производстве при изготовлении детали являются транспортеры, перфораторы, зубчатые передачи, пневмомолотки, двигатели внутреннего сгорания, электромоторы и т. д.

Следует учитывать, что колебательные процессы присущи живому организму, прежде всего потому, что они в нем постоянно протекают. Внутренние органы можно рассматривать как колебательные системы с упругими связями. Их собственные частоты лежат в диапазоне 3–6 Гц. При воздействии на человека внешних колебаний таких частот происходит возникновение резонансных явлений во внутренних органах, способных вызвать травмы, разрыв артерий, летальный исход. Воздействие производственной вибрации на человека вызывает изменения как физиологического, так и функционального состояния организма человека. Изменения в функциональном состоянии организма проявляются в повышении утомляемости, увеличении времени двигательной и зрительной реакции, нарушении вестибулярных реакций и координации движений. Все это ведет к снижению производительности труда. В худшем случае - возникновение вибрационной болезни, которая проявляется со временем.

Повышенный уровень электромагнитных излучений

Таблица 3. Временные допустимые уровни ЭМП, создаваемых ПЭВМ

[СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Приложение 1 (табл.3)]

Наименование параметров	В диапазоне частот	ВДУ ЭМП
Напряженность электрического поля	5 Гц – 2 кГц	25 В/м
	2 кГц – 400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного потока	5 Гц – 2 кГц	250 нТл
	2 кГц – 400 кГц	25 нТл
Поверхностный	электростатический потенциал экрана	500 В

Электромагнитные поля оказывают специфическое воздействие на ткани человека, при воздействии полей, имеющих напряженность выше предельно допустимого уровня, развиваются нарушения со стороны нервной, сердечно-сосудистой систем, органов дыхания, органов пищеварения и некоторых биохимических показателей крови. Также эти излучения могут

неблагоприятно влиять на работу электрических приборов. Воздействие ЭМИ на человека нормируются по энергетической экспозиции, определяющейся интенсивностью ЭМИ радиочастотных диапазонов (ЭМИ РЧ) и временем воздействия, согласно СанПиН 2.2.4/2.1.8.055-96. Источниками ЭМИ РЧ на производстве могут являться бытовые приборы, которые не оказывают значимого влияния и не подлежат контролю в соответствии с санитарными нормами и правилами.

Электрический ток

Все оборудование должно быть выполнено в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.019–79.

Комната, в которой выполнялась работа, относится к категории помещений без повышенной опасности, поскольку она характеризуется следующими признаками: температура воздуха и влажность в норме, отсутствие сырости. Но в процессе деятельности с установкой и компьютером может возникнуть опасность поражения электрическим током. Основными причинами этого могут послужить следующие факторы: прикосновение к токоведущим частям или прикосновение к конструктивным частям, оказавшимся под напряжением. С целью исключения опасности поражения электрическим током необходимо соблюдать следующие правила электрической безопасности:

- перед включением компьютера и установки в сеть должна быть визуально проверена ее электропроводка на отсутствие возможных видимых нарушений изоляции, а также на отсутствие замыкания токопроводящих частей на корпус компьютера или станину установки;
- при появлении признаков замыкания необходимо немедленно отключить от электрической сети компьютер и установку;
- запрещается при включенном компьютере или установке одновременно прикасаться к приборам, имеющим естественное заземление.

К защитным мерам от опасности прикосновения к токоведущим частям электроустановок относятся: изоляция, ограждение, блокировка, пониженные напряжения, электрозащитные средства.

Среди распространенных способов защиты от поражения электрическим током при работе с электроустановками различают:

- защитное заземление – предназначено для превращения «замыкания на корпус» в «замыкание на землю», с тем, чтобы уменьшить напряжение

- прикосновения и напряжение шага до безопасных величин (выравнивание самый распространенный способ защиты от поражения электрическим током;
- зануление – замыкание на корпус электроустановок;
 - системы защитного отключения – отключение электроустановок в случае проявления опасности пробоя на корпус;
 - защитное разделение сетей;
 - предохранительные устройства.

К работам на электроустановках допускаются лица, достигшие 18 лет, прошедшие инструктаж и обученные безопасным методам труда. К тому же электробезопасность зависит и от профессиональной подготовки работников, сознательной производственной и трудовой дисциплины. Целесообразно каждому работнику знать меры первой медицинской помощи при поражении электрическим током.

Повышенная температура поверхностей оборудования, материалов и воздуха в рабочей зоне

В процессе работы на станке стружка расплавленного пластика может попасть в глаза, складки одежды, карманы, ботинки, прожечь одежду и причинить ожоги. Во избежание ожогов и повреждения зрения рабочий должен работать в спецодежде из брезента или плотного сукна, в рукавицах. Куртку не следует заправлять в брюки. Карманы должны быть плотно закрыты клапанами. Брюки надо носить поверх обуви. И обязательно работать в защитных очках

Механическое травмирование

При производстве детали присутствуют источники механического травмирования, которые можно разделить на реально и потенциально опасные.

К первым можно отнести: шероховатости поверхности, риски, заусенцы, острые кромки и выступы на различных частях оборудования и подвижные заготовки при работах на металлообрабатывающих станках, частицы абразива при заточке инструмента, движущиеся грузоподъемные машины и средства транспорта.

Ко вторым: сосуды, работающие под давлением, разрушение (взрыв) которых может произойти при нарушении правил в эксплуатации, штабели заготовок, готовых изделий, которые при неправильной их укладке могут

обрушаться, площадки обслуживания оборудования на высоте, лестницы при несоответствии их требованиям безопасности и т. д.

Средства коллективной защиты от механического травмирования стандартизованы ГОСТ 12.4.125—83 и включают в себя целый ряд подвидов

Защитные устройства должны удовлетворять следующим общим требованиям:

- предотвращать контакт рук и других частей тела человека, его одежды и других предметов с опасными движущимися частями машины, не позволять человеку-оператору машины или другому рабочему приблизить руки и другие части тела к опасным движущимся частям;

- должны быть изготовлены из прочных материалов, выдерживающих условия нормальной эксплуатации, и надежно при к машине;

- не создавать иных опасностей, не иметь режущую кромку, заусенец или шероховатости поверхности;

- не мешать выполнению работ.

Наибольшее применение для защиты от механического травмирования машин, механизмов, инструмента находят оградительные, предохранительные, тормозные устройства, устройства автоматического контроля и сигнализации, дистанционного управления.

4.2. Экологическая безопасность

Охрана окружающей среды — комплекс мер, предназначенных для ограничения отрицательного влияния человеческой деятельности на природу.

Охрана окружающей среды на предприятии характеризуется комплексом принятых мер, которые направлены на предупреждение отрицательного воздействия человеческой деятельности предприятия на окружающую природу, что обеспечивает благоприятные и безопасные условия человеческой жизнедеятельности. Учитывая стремительное развитие научно-технического прогресса, перед человечеством встала сложная задача — охрана важнейших составляющих окружающей среды (земля, вода, воздух), подверженных сильнейшему загрязнению техногенными отходами и выбросами, что приводит к окислению почвы и воды, разрушению озонового слоя земли и климатическим изменениям.

Как правило, в качестве промышленных отходов выступают: пластиковая стружка, бумага, строительные отходы, коробки и т.п. Этот мусор, кроме стружки, с другими отходами вывозится на территории, выделенные под складирование бытовых отходов. Сжигание этих отходов уменьшает их объём на 90%, но в результате сжигания происходит выделение вредных газов и дымов, что загрязняет атмосферу.

Также возможна переплавка стружки и брака, что является не выгодным. Зачастую такое решение принимается на стадии расчета себестоимости изготовления. Но обычно просто сжигают.

4.3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайные ситуации относятся к совокупности опасных событий или явлений, приводящих к нарушению безопасности жизнедеятельности.

Пожарная безопасность

Одними из наиболее вероятных и разрушительных видов ЧС являются пожар или взрыв на рабочем месте. Пожарная безопасность представляет собой единый комплекс организационных, технических, режимных и эксплуатационных мероприятий по предупреждению пожаров и взрывов. На основании рекомендаций определяем категорию помещения по пожароопасности по ППБ – 03. В данном случае помещение относится к категории Д - производства, связанного с обработкой негорючих веществ и материалов в холодном состоянии.

Причиной возгорания в кабинете проектировщика могут быть следующие факторы:

- возникновение короткого замыкания в электропроводке вследствие неисправности самой проводки или электросоединений и электрораспределительных щитов;
- возгорание устройств вычислительной аппаратуры вследствие нарушения изоляции или неисправности самой аппаратуры;
- возгорание мебели или пола по причине нарушения правил пожарной безопасности, а также неправильного использования дополнительных бытовых электроприборов и электроустановок;
- возгорание устройств искусственного освещения.

Пожарная профилактика основывается на исключении условий, необходимых для горения, и использования принципов обеспечения безопасности. При обеспечении пожарной безопасности решаются следующие задачи:

- предотвращение пожаров;
- возгорание;
- локализация возникших пожаров;
- защита людей и материальных ценностей;
- тушение пожара.

Пожаром называют неконтролируемое горение во времени и пространстве, наносящее материальный ущерб и создающее угрозу жизни и здоровью людей.

Для профилактики возникновения пожаров необходимо проводить следующие пожарно-профилактические мероприятия:

Организационные мероприятия:

- противопожарный инструктаж обслуживающего персонала;
- обучение персонала правилам техники безопасности;
- издание инструкций, плакатов, планов эвакуации.

Эксплуатационные мероприятия:

- соблюдение эксплуатационных норм оборудования;
- обеспечение свободного подхода к оборудованию.
- содержание в исправности изоляции токоведущих проводников.

Технические мероприятия:

- соблюдение противопожарных мероприятий при устройстве электропроводок, оборудования, систем отопления, вентиляции и освещения. В кабинете имеется порошковый огнетушитель типа ОП–5 и находится пожарный щит, установлен рубильник, обесточивающий всю аудиторию, на двери аудитории приведен план эвакуации в случае пожара;
- профилактический осмотр, ремонт и испытание оборудования.

Так же необходимо предусмотреть наличие эвакуационных выходов для персонала. Число эвакуационных выходов из здания с каждого этажа должно быть не менее двух. Ширину эвакуационного выхода (двери) устанавливают в зависимости от общего количества людей, эвакуирующихся через этот выход, но не менее 0,8 м. Высота прохода на эвакуационных путях должна быть не менее 2 м. Планы эвакуации при пожаре и других ЧС размещены на каждом этаже здания.

4.4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Помещения должны иметь естественное и искусственное освещение. Расположение рабочих мест за мониторами и другими приборами для взрослых пользователей в подвальных помещениях не допускается.

Площадь на одно рабочее место с компьютером и другими приборами для взрослых пользователей должна составлять не менее 6 м², а объем не менее 20 м³.

Рабочее помещение должно оборудоваться системами отопления, кондиционирования воздуха или эффективной приточно-вытяжной вентиляцией.

Для внутренней отделки интерьера помещений должны использоваться диффузно-отражающие материалы с коэффициентом отражения для потолка — 0,7-0,8; для стен — 0,5-0,6; для пола — 0,3-0,5.

Поверхность пола в рабочем помещении должна быть ровной, без выбоин, нескользкой, удобной для очистки и влажной уборки, обладать антистатическими свойствами. Полы и стены помещений, в которых производится сварка, должны быть изготовлены из негорючего материала.

В помещении должны находиться аптечка первой медицинской помощи.

Организация режимов труда и отдыха при работе с токарным станком осуществляется в зависимости от вида и категории труда.

Для сотрудников, работающих за токарным станком во избежание травм и нервных срывов, ограничивается часы работы до 8 часов.

Работники должны обеспечиваться средствами индивидуальной защиты: защитные очки, защитная одежда, жаростойкие рукавички, прорезиненная обувь и т.д. [ГОСТ 12.4.011-89]

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Горбачевич А.Ф., Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. – М.: ООО ИД «Альянс», 2007. – 256 с.
2. Скворцов В.Ф. Основы размерного анализа технологических процессов изготовления деталей: Учебное пособие. – Томск: Изд. ТПУ, 2006. – 100 с.
3. Мягков В.Д., Палей М.А., Романов А.Б., Брагинский В.А. Допуски и посадки. Справочник. В 2-х ч. Том 2. – Л.: Машиностроение, 1983. – 448 с.

4. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 2 /Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова.— 4-е изд., перераб. и доп.— М.: Машиностроение, 1985. 496 с.
5. Штучный Б.П. Механическая обработка пластмасс: Справочник.-2-е изд.,перераб. и доп.-М.:Машиностроение,1987.-152с.,ил.
6. «Пласт ПСК», Программа поставок ERTACETAL C [Электронный ресурс],- http://plastpsk.ru/pom_p2.html.
7. ГОСТ 10902-77. Сверла спиральные с цилиндрическим хвостовиком. Средняя серия. Основные размеры.
8. ООО Рубикон. Иллюстрированные каталоги, справочники, базы данных по металлорежущим станкам и кузнечнопрессовому оборудованию: 16K20Ф3 Станок токарный с ЧПУ. Схемы, описание, характеристики. [Электронный ресурс],- http://stanki-katalog.ru/sprav_16k20f3.htm.
9. Компания «Абамет». Каталог оборудования. Металлорежущие станки. Вертикально-фрезерные центры с ЧПУ: Вертикально-фрезерный обрабатывающий центр Haas VF-3. [Электронный ресурс],- <http://www.abamet.ru/catalog/metallorezhushhie/frezernye-chpu/v-obrabatyvajushhie-centry/haas-vf-3/>.
10. ГОСТ 14952-75. Сверла центровочные комбинированные. Технические условия.
11. ГОСТ 32831-2014. Фрезы концевые с цилиндрическим, коническим хвостовиком и хвостовиком конусностью 7:24. Размеры.
12. ГОСТ 886-77. Сверла спиральные с цилиндрическим хвостовиком. Длинная серия. Основные размеры.
13. ГОСТ 3266-81. Метчики машинные и ручные. Конструкция и размеры.
14. Методические указания к выполнению раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» выпускной квалификационной

работы для студентов, обучающихся по направлению подготовки бакалавров 15.03.01 «Машиностроение» / сост. В.Ю. Конотопский; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2015. – 22 с.

15. Методические указания по разработке раздела «Социальная ответственность» выпускной квалификационной работы магистра, специалиста и бакалавра всех направлений (специальностей) и форм обучения ТПУ/Сост. С.В. Романенко, Ю.В. Анищенко – Томск: Изд-во Томского политехнического универ-та, 2016. – 11 с.